



Évaluation de l'utilisation de la voie intra-osseuse en médecine d'urgence pré-hospitalière

Frédérique Vicens

► To cite this version:

Frédérique Vicens. Évaluation de l'utilisation de la voie intra-osseuse en médecine d'urgence pré-hospitalière. Médecine humaine et pathologie. 2014. dumas-01143913

HAL Id: dumas-01143913

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01143913>

Submitted on 20 Apr 2015

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives| 4.0 International License

AVERTISSEMENT

Cette thèse d'exercice est le fruit d'un travail approuvé par le jury de soutenance et réalisé dans le but d'obtenir le diplôme d'Etat de docteur en médecine. Ce document est mis à disposition de l'ensemble de la communauté universitaire élargie.

Il est soumis à la propriété intellectuelle de l'auteur. Ceci implique une obligation de citation et de référencement lors de l'utilisation de ce document.

D'autre part, toute contrefaçon, plagiat, reproduction illicite encourt toute poursuite pénale.

UNIVERSITÉ PARIS DESCARTES
Faculté de Médecine PARIS DESCARTES

Année 2014

N° 125

THÈSE
POUR LE DIPLÔME D'ÉTAT
DE
DOCTEUR EN MÉDECINE

Évaluation de l'utilisation de la voie
intra-osseuse en médecine d'urgence
pré-hospitalière

Présentée et soutenue publiquement
le 7 octobre 2014

Par

VICENS, Frédérique

Né(e) le 10 décembre 1981 à Saint-Mandé

Dirigée par Madame Le Docteur COIGNARD-BIEHLER, Hélène

Jury :

M. Le Professeur VIVIEN, Benoît, PU-PH Président

M. Le Professeur CHOUDAT, Dominique, PU-PH

M. Le Professeur DESCATHA, Alexis, PU-PH

M. Le Professeur TOURTIER, Jean-Pierre, Professeur agrégé du Val-de-Grâce



Except where otherwise noted, this work is licensed under
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/>

REMERCIEMENTS

A Monsieur le Professeur Benoît VIVIEN,

Je te remercie de m'avoir accordé ta confiance en me proposant ce sujet de thèse.
Ta disponibilité, tes conseils et ton aide précieuse ont permis de mener à bien ce travail.
Tu me fais l'honneur de présider ce jury.
Trouve ici l'expression de ma sincère reconnaissance.

A Madame le Docteur Hélène COIGNARD-BIEHLER,

Pour avoir accepté de diriger ce projet avec intérêt et enthousiasme.
Ta présence, ta réactivité et la pertinence de tes remarques m'ont été précieuses durant toutes les étapes de l'élaboration de ce travail.
Permits moi de t'exprimer toute mon estime et ma gratitude.

A Monsieur le Professeur Dominique CHOUDAT,

Vous me faites l'honneur de participer à ce jury de thèse.
J'ai pu apprécier durant ces quatre années la qualité de votre enseignement, votre rigueur intellectuelle et votre disponibilité.
Veuillez recevoir l'expression de ma sincère reconnaissance.

A Monsieur le Professeur Alexis DESCATHA,

Merci de me faire l'honneur de participer au jury de ma thèse.
J'espère que votre bienveillance l'emportera sur votre esprit critique lorsque vous jugerez ce travail.
Soyez assuré de ma vive gratitude.

A Monsieur le Médecin en Chef Jean-Pierre TOURTIER,

Vous avez accepté avec spontanéité et gentillesse de juger ce travail. J'en suis honorée.
Veuillez trouver ici le témoignage de mes sincères remerciements et de mon profond respect.

A Madame le Docteur Patricia JABRE,

Je suis très sensible à l'intérêt et à l'aide que tu as portés à ce travail.
Je te remercie chaleureusement pour ta disponibilité, tes conseils pertinents et tes encouragements.

A mes parents,

A ma famille,

A mes amis,

A tous ceux qui me sont chers,

A Benoît...

« Il faut toujours viser la Lune car même en cas d'échec, on atterrit dans les étoiles. » Oscar Wilde

TABLE DES MATIERES

LISTE DES ABREVIATIONS	8
LISTE DES FIGURES.....	9
LISTE DES TABLEAUX	10
I. INTRODUCTION	11
II. LA PERFUSION INTRA-OSSEUSE.....	13
A. Définition et historique	13
B. Anatomie et physiologie vasculaire de l'os	16
C. Données pharmacocinétiques.....	19
1. Pharmacocinétique et pharmacodynamie	19
2. Débit de perfusion	21
3. Médicaments administrables	22
4. Prélèvements possibles	23
D. Mise en place et contrôle de la voie intra-osseuse.....	23
1. Les dispositifs de perfusion intra-osseuse (DIO)	23
a) DIO à insertion manuelle.....	24
b) DIO à percussion.....	25
c) DIO motorisé, EZ-IO® (Vidacare®, Etats-Unis)	27
d) Comparaison des différents DIO	28
2. Les sites d'insertion	28
a) La voie sternale.....	29
b) La voie tibiale proximale.....	29
c) La voie humérale	30
d) La voie tibiale distale	31
e) Les autres voies	32
E. Complications décrites	33
1. Complications techniques : échecs de pose.....	33
2. Complications précoces.....	34
a) Douleur	34
b) Complications mineures courantes.....	35
3. Complications tardives	36
F. Indications et contre-indications.....	38
1. Indications	38
a) La prise en charge de l'arrêt cardio-respiratoire en pré-hospitalier	38
b) Autres indications de la perfusion intra-osseuse	40

2.	Contre-indications	41
III.	ETUDE PRATIQUE SUR LA MISE EN PLACE DE LA VOIE INTRA-OSSEUSE	42
A.	Justification de l'étude	42
B.	Matériel et méthodes.....	42
1.	Type d'étude.....	42
2.	Objectifs de l'étude	43
3.	Critères d'inclusion et de non-inclusion	43
4.	Contraintes réglementaires.....	43
5.	Procédure standardisée d'utilisation de la voie intra-osseuse	44
a)	Formation des intervenants à la pose de voie intra-osseuse.....	44
b)	Disponibilité des dispositifs intra-osseux	44
c)	Indications et contre-indications.....	44
6.	Recueil des données.....	45
7.	Analyse statistique	46
C.	RÉSULTATS.....	47
1.	Résultats relatifs à l'ensemble de la population	47
a)	Répartition temporelle de la population.....	47
b)	Caractéristiques démographiques et cliniques de la population	47
c)	Abord intra-osseux	49
i.	Délai et rang de mise en place de la voie intra-osseuse par rapport aux autres voies d'abord	49
ii.	Caractéristiques de la mise en place des voies intra-osseuses	49
iii.	Traitements administrés par la perfusion intra-osseuse	51
iv.	Complications pré-hospitalières et hospitalières.....	52
v.	Durée d'utilisation et lieu de retrait de la voie intra-osseuse.....	53
2.	Description spécifique de trois sous-populations	54
a)	Population pédiatrique.....	54
b)	Population des patients en arrêt cardio-respiratoire.....	54
c)	Population des patients sans arrêt cardio-respiratoire.....	56
i.	Patients conscients.....	57
ii.	Voie intra-osseuse décidée dès le début de la prise en charge	58
3.	Analyses statistiques complémentaires	59
a)	Population pédiatrique et réussite de pose de la voie intra-osseuse à la 1 ^{ère} tentative ..	59
b)	Lien entre facteurs de risque de difficultés d'abord vasculaire et réussite de pose de la voie intra-osseuse à la 1 ^{ère} tentative	59
c)	Taux de réussite de la mise en place de voie intra-osseuse en fonction de l'opérateur ..	60

D. DISCUSSION	60
1. Résumé des principaux résultats de l'étude	60
2. Application des recommandations.....	61
a) Arrêt cardio-respiratoire	61
b) Autres indications.....	63
3. Modalités pratiques d'utilisation de la voie intra-osseuse	63
a) Réussite et facteurs influençant cette réussite	63
i. Taux de réussite et échecs de pose	63
ii. Site d'insertion.....	64
iii. Opérateurs.....	64
iv. Facteurs de risque de difficulté d'abord vasculaire	65
v. Population pédiatrique.....	65
b) Délais de mise en place d'une voie intra-osseuse.....	66
c) Complications	66
i. Douleur	66
ii. Complications pré-hospitalières et hospitalières	67
d) Thérapeutiques administrées.....	68
e) Durée d'utilisation de la voie intra-osseuse	68
4. Forces et limites de l'étude	68
a) Validité interne	68
i. Caractéristiques générales de l'étude	68
ii. Données manquantes.....	69
iii. Répartition temporelle des cas	70
b) Validité externe	71
IV. CONCLUSION	72
ANNEXES.....	74
Annexe 1 : Médicaments administrables par voie intra-osseuse	74
Annexe 2 : Tableau comparatif des différents dispositifs intra-osseux	75
Annexe 3 : Technique de perfusion.....	76
Annexe 4 : Contrôle de la fonctionnalité de la voie intra-osseuse.....	78
Annexe 5 : Feuille de rappel affichée dans les locaux du service et disponible dans les unités mobiles hospitalières	79
Annexe 6 : Questionnaire « pré-hospitalier » disponible dans les unités mobiles hospitalières	80
Annexe 7 : Questionnaire « hospitalier » à compléter a posteriori.....	82
BIBLIOGRAPHIE.....	83

LISTE DES ABREVIATIONS

ACR	Arrêt cardio-respiratoire
AHA	American Heart Association
DIO	Dispositif intra-osseux
ERC	European Resuscitation Council
FDA	Food and Drug Administration
FV	Fibrillation ventriculaire
IADe	Infirmier anesthésiste diplômé d'Etat
ILCOR	International Liaison Committee On Resuscitation
IMC	Indice de masse corporelle
IO	Intra-osseux
IV	Intra-veineux
NRBC	Nucléaire, Radiologique, Biologique et Chimique
PALS	« Pediatric Advanced Life Support »
PAS	Pression artérielle systolique
PIO	Perfusion intra-osseuse
RACS	Reprise d'une activité cardiaque spontanée
RCP	Réanimation cardio-pulmonaire
SAMU	Service d'Aide Médicale Urgente
SMUR	Service Mobile d'Urgence et de Réanimation
UMH	Unité Mobile Hospitalière
VIO	Voie intra-osseuse
VJE	Voie jugulaire externe
VVC	Voie veineuse centrale
VVP	Voie veineuse périphérique

LISTE DES FIGURES

Figure 1	Trocart de Mallarmé
Figure 2	Structure des os
Figure 3	Structure de l'os compact
Figure 4	Coupe macroscopique des espaces médullaires de l'os spongieux
Figure 5	Schéma de la vascularisation artérielle et veineuse des os longs
Figure 6	Schéma de la vascularisation à l'étage épiphyso-métaphysaire
Figure 7	Comparaison des différentes pressions (artérielle, veineuse et intra-osseuse)
Figure 8	Aiguille de Cook® type Dieckmann
Figure 9	Trocarts de Mallarmé®, métallique et plastique (t'PS®)
Figure 10	Trocart de type Jamshidi® et trocart de Kendall®
Figure 11	EZ-IO poignée®, EZ-IO manuel needle set® et EZ-IO sternal needle set®
Figure 12	BIG® (pédiatrique et adulte)
Figure 13	FAST-1® et FAST-X®
Figure 14	EZ-IO®
Figure 15	Représentation du positionnement du DIO en localisation sternale
Figure 16	Représentation du positionnement du DIO en localisation tibiale proximale
Figure 17	Représentation du positionnement du DIO en localisation humérale
Figure 18	Représentation du positionnement du DIO en localisation tibiale distale
Figure 19	Sites adultes et pédiatriques recommandés pour l'utilisation du DIO motorisé EZ-IO®
Figure 20	Schéma des mécanismes à l'origine de la douleur lors de la PIO
Figure 21	Répartition temporelle de la population
Figure 22	Logigramme détaillant les caractéristiques des tentatives successives de pose de VIO
Figure 23	Répartition des différents traitements administrés par VIO
Figure 24	Principales caractéristiques de l'utilisation de la VIO dans la population pédiatrique
Figure 25	Logigramme détaillant les caractéristiques des tentatives successives de pose de VIO dans la population de patients en ACR
Figure 26	Principales caractéristiques de l'utilisation de la VIO dans la population de patients sans ACR

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1	Caractéristiques démographiques et cliniques de la population
Tableau 2	Rang de mise en place de la VIO
Tableau 3	Complications pré-hospitalières et hospitalières rapportées
Tableau 4	Caractéristiques de la population de patients en ACR
Tableau 5	Lien entre facteurs de risque de difficultés d'abord vasculaire et réussite de pose de VIO à la 1 ^{ière} tentative
Tableau 6	Répartition des données manquantes

I. INTRODUCTION

La médecine d'urgence a fait en quelques décennies des progrès considérables, permettant de faire face à toute situation d'urgence vitale. En s'extériorisant de l'Hôpital par l'intermédiaire des Services d'Aide Médicale Urgente (SAMU) et des Services Mobiles d'Urgence et de Réanimation (SMUR), elle permet de répondre de manière encore plus efficace à un facteur constituant un réel problème dans l'urgence médicale : le Temps. Cette Médecine extra-hospitalière se retrouve ainsi confrontée à une grande diversité des pathologies tant chez l'adulte que chez l'enfant, nécessitant généralement la mise en place rapide d'un abord vasculaire afin d'administrer le plus précocement possible une thérapeutique efficace.

Il est admis de manière universelle que la voie veineuse périphérique (VVP) est la voie d'abord vasculaire de premier choix en médecine d'urgence, de par son efficacité et son faible coût. Toutefois son obtention n'est pas toujours chose aisée et peut relever du défi : « *plus un patient a besoin d'une voie veineuse, plus c'est difficile à trouver* » dixit Turkel en 1983. En médecine pré-hospitalière, les difficultés rencontrées peuvent être dues au patient lui-même ou à sa pathologie (âge extrême, obésité, altération du capital veineux, polytraumatisme, brûlures, hypovolémie et a fortiori arrêt cardio-respiratoire...), mais également à l'environnement (faible luminosité, étroitesse des lieux, conditions de risque NRBC – nucléaire, radiologique, biologique ou chimique –...). En cas d'état de choc notamment, les veines se collabent fréquemment, rendant difficile l'obtention rapide d'une VVP et allongeant de fait le temps de prise en charge initiale. Or, tant que l'abord vasculaire n'est pas mis en place, les thérapeutiques telles que les solutés de remplissage, les drogues ou encore les transfusions ne peuvent être administrées. La rapidité avec laquelle est obtenu l'accès vasculaire conditionne donc directement le pronostic du patient, et ce tout particulièrement dans l'arrêt cardio-respiratoire (ACR).

Devant cet état de fait, une alternative à la VVP, simple, rapide, efficace et adaptée aux situations d'urgence a resurgi depuis quelques années : la Perfusion Intra-Osseuse (PIO). Elle utilise le riche réseau veineux intra-médullaire non collabable, comme vecteur pour administrer les thérapeutiques nécessaires jusqu'à la circulation systémique. Décrite depuis les années 1920, largement utilisée durant la seconde guerre mondiale, la PIO retrouve progressivement un regain d'intérêt depuis les années 1990, d'abord en pratique pédiatrique puis chez l'adulte. Ainsi les dernières recommandations internationales, européennes et

françaises de 2010 relatives à la prise en charge de l'ACR s'accordent sur la nécessité de son utilisation : en pédiatrie, comme accès vasculaire de premier choix et chez l'adulte, au même rang de priorité que l'abord vasculaire veineux.

C'est dans ce contexte que le SMUR de l'hôpital Necker - Enfants Malades à Paris a mis en place une étude depuis le 1^{ier} octobre 2011. Elle a pour but d'évaluer l'incidence de l'utilisation de la perfusion intra-osseuse en pré-hospitalier dans les populations adulte et pédiatrique, de déterminer l'application ou non des recommandations d'accès vasculaire en cas d'arrêt cardio-respiratoire et d'étudier les modalités pratiques d'utilisation de la voie intra-osseuse.

Dans ce travail, après quelques généralités relatives à la PIO, nous présentons l'étude susmentionnée ainsi que ses résultats obtenus grâce aux données recueillies entre le 1^{ier} octobre 2011 et le 30 avril 2014.

II. LA PERFUSION INTRA-OSSEUSE

A. DEFINITION ET HISTORIQUE

La perfusion intra-osseuse (PIO) constitue un accès au compartiment vasculaire de l'organisme, grâce à un trocart inséré dans la partie spongieuse de l'os, siège du réseau vasculaire intra-médullaire.

C'est en 1916 qu'un physiologiste américain, Cecil Kent Drinker, décrit les premières tentatives d'injection intra-osseuse de solution de Ringer-Lactate® dans le tibia d'un chien. (1)
En 1922, ce même physiologiste étudie la vascularisation sternale sur des animaux et met en évidence le fait que les fluides administrés dans la cavité médullaire atteignent la circulation intravasculaire. Il suggère alors la voie intra-osseuse (VIO) comme potentielle voie d'abord pour la transfusion sanguine, considérant la moelle osseuse comme « a non collapsible vein ». (2)

En 1934, Josefson publie en Suède la première série chez l'homme de cinquante injections intra-osseuses de préparation de foie dans le traitement de l'anémie de Biermer. (3)

Puis en 1935 est inventé par Mallarmé un trocart d'insertion intra-osseux qui porte son nom, dont le but premier est de réaliser des ponctions médullaires mais qui sera également utilisé pour l'administration de traitements par VIO. (4) (cf. Figure 1)



Figure 1 : Trocart de Mallarmé

Au début des années 1940, Tocantins et O'Neill réalisent aux États-Unis une série d'expériences, d'abord sur les animaux puis sur les hommes, démontrant l'efficacité des voies d'abord intra-osseuses sternale et tibiale comme voies d'accès rapide à la circulation générale pour l'administration de thérapeutiques. (5) (6)

En parallèle, Henning, médecin interniste allemand, effectue une transfusion sanguine intra-sternale chez un patient en agranulocytose. (7)

Durant cette période, la technique intra-osseuse sera très largement utilisée spécialement au cours de la seconde guerre mondiale où plus de quatre mille poses de VIO ont été rapportées. Elles étaient le plus souvent réalisées en environnement hospitalier lors de la prise en charge des urgences vitales de blessés de guerre en état de choc hypovolémique ou brûlés. (8) (9) Le premier cas de réanimation pré-hospitalière a été décrit dans le *Detroit News* du 13 mars 1944. Il s'agissait d'un pilote de bombardier B-29 sérieusement blessé durant une mission aérienne au-dessus du Japon ; devant une hémorragie importante et des veines collabées, l'un des membres d'équipage a été capable d'établir un accès intra-osseux permettant l'administration intra-sternale de plasma et l'amélioration de la situation clinique du pilote. (10)

À la fin de la seconde guerre mondiale, la pratique se généralise chez l'adulte mais surtout chez l'enfant, où de nouvelles études montrent que la PIO est une méthode efficace d'administration de solutés et de médicaments dans la population pédiatrique. Elle est notamment utilisée pour des sujets nécessitant des transfusions sanguines. (11)

Cependant, les années 1950 verront l'interruption pour un temps de l'utilisation de la VIO, au profit de la voie veineuse pour deux raisons :

- L'apparition des cathéters plastiques veineux, plus faciles d'utilisation, plus disponibles et moins invasifs ; (10)
- Des publications de complications liées à l'utilisation de la VIO à type d'extravasations sous-cutanées, nécroses cutanées, médiastinites, ostéomyélites, jusqu'au décès par perfusion dans l'espace pleural due à une malposition du trocart. (12)

Il faudra attendre 1977 pour que Valdes réactualise la méthode d'utilisation du dispositif intra-osseux en publiant une étude sur quinze patients adultes, chez qui la pose d'une autre voie avait été impossible et pour lesquels aucune complication suite à la perfusion intra-osseuse n'avait été retrouvée. (13)

Elle sera surtout remise en avant à partir de 1984 par le pédiatre américain James Orlowski qui redécouvrira l'intérêt du cathéter intra-osseux en pédiatrie suite à une épidémie de choléra en Inde. En effet, dans son célèbre éditorial « *My Kingdom for an Intravenous Line* » il expliquera avoir observé, chez des enfants en déshydratation aigue sévère, une récupération rapide après traitement au moyen d'un abord intra-osseux et recommandera de ce fait son utilisation. (14)

Parallèlement, le « Pediatric Advanced Life Support » (PALS) est créé, basé sur les recommandations de l'American Heart Association (AHA) et de l'American Academy of Pediatrics (AAP) pour la prise en charge des traumatismes graves chez l'enfant. (15) Ces recommandations réintroduisent en 1987 l'accès intra-osseux chez les enfants de moins de 6 ans en arrêt cardio-respiratoire (ACR) lorsque l'abord intraveineux est impossible. (16)

En 1994, les mises à jour du PALS sont reprises par l'European Resuscitation Council (ERC) qui recommande l'utilisation de l'accès intra-osseux chez l'enfant en ACR après 90 secondes de tentatives infructueuses d'accès veineux. (17)

Puis, en 2000, suite aux nouvelles recommandations de l'AHA et de l'International Liaison Committee On Resuscitation (ILCOR), le PALS recommande la mise en place immédiate d'une voie intra-osseuse pour tous les enfants (y compris les plus de 6 ans) en ACR. (18) Cette indication est reconduite en 2005 dans le nouveau PALS. (19) A contrario, les recommandations européennes de l'ERC de la même année la préconisent seulement après l'échec de trois tentatives maximum de voie veineuse. (20)

Enfin en 2010, **les dernières recommandations internationales et européennes s'accordent sur l'indication de la voie intra-osseuse en première intention comme voie d'accès vasculaire en cas d'ACR de l'enfant et du nouveau-né** et notamment en pratique pré-hospitalière. (21) (22) Dans les autres situations d'urgence pédiatrique, l'ERC recommande l'utilisation de la VIO après 1 minute de tentative infructueuse d'accès veineux.

Chez l'adulte, l'indication de mise en place de la VIO va apparaître plus tardivement. Les études sont rares et ce sont surtout les travaux militaires qui permettent de remettre en évidence l'intérêt de cette voie, notamment au cours de la prise en charge du choc hémorragique pour la perfusion de sérum salé hypertonique. (23)

Depuis les années 2000, il existe un réel regain d'intérêt pour cette voie en médecine d'urgence chez l'adulte, favorisé par l'apparition de nouveaux dispositifs intra-osseux plus perfectionnés et plus faciles d'utilisation. En 2005, les recommandations internationales pour la prise en charge de l'ACR chez l'adulte, reprises dans les recommandations européennes de l'ERC de 2005, positionnent l'accès vasculaire intra-osseux dès que l'accès intra-veineux est difficile ou impossible à obtenir, afin de ne pas retarder les délais de prise en charge et l'administration de thérapeutiques. (24) (25)

En 2010, les recommandations internationales confirment l'intérêt de l'utilisation de cette voie, la plaçant au **même niveau de priorité que la voie intra-veineuse pour l'obtention d'un voie d'abord vasculaire chez l'adulte en ACR.** (26)

B. ANATOMIE ET PHYSIOLOGIE VASCULAIRE DE L'OS

On distingue trois variétés anatomiques d'os : longs (tibia, humérus), courts (os du carpe) et plats (sternum, ailes iliaques).

Les os sont constitués de tissu osseux compact en périphérie (os cortical), enveloppant une zone centrale de tissu osseux spongieux. (cf. Figure 2)

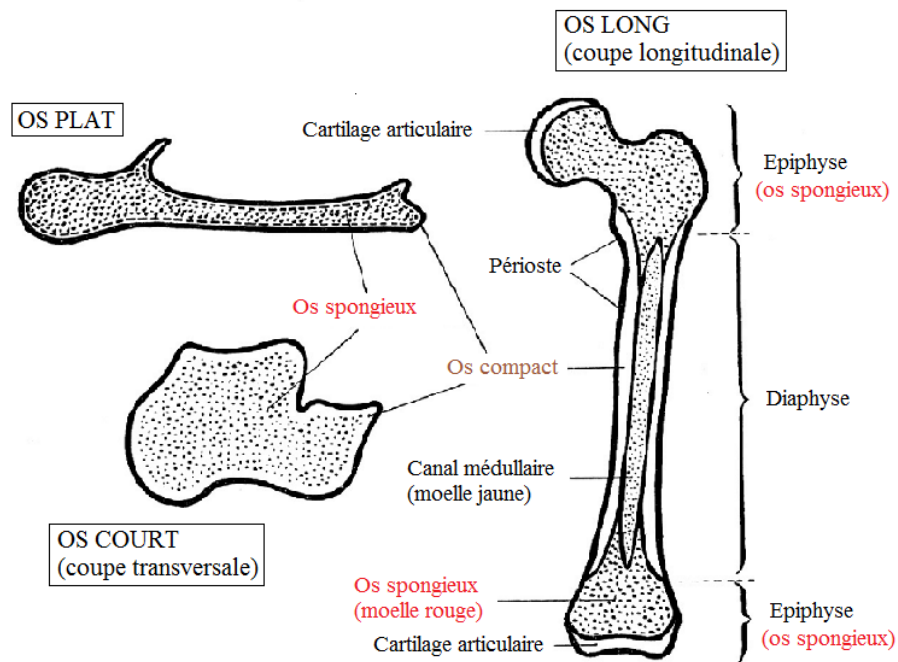


Figure 2 : Structure des os

L'os compact ou cortical, aussi appelé tissu haversien, est essentiellement constitué d'ostéons. Ces derniers présentent, en leur centre, les canaux de Havers contenant des éléments vasculaires et des terminaisons nerveuses. Ces canaux sont reliés entre eux, mais aussi à la cavité médullaire et à la surface de l'os par des canaux transversaux ou obliques, appelés canaux de Volkmann. (cf. Figure 3)

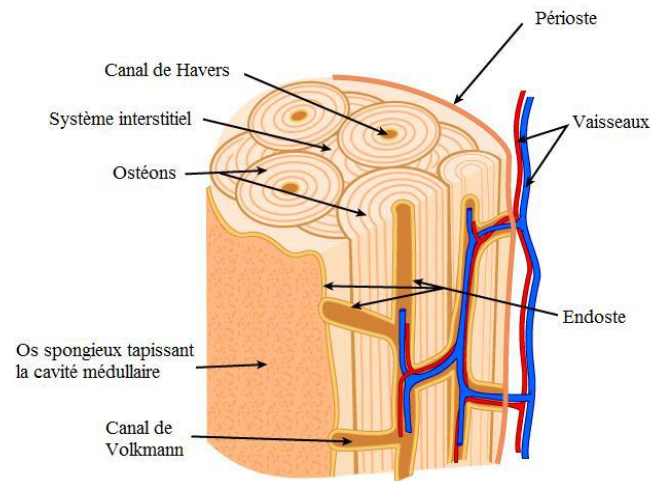


Figure 3 : Structure de l'os compact (d'après l'université de Lille)

L'os spongieux siège essentiellement dans les os courts et plats ainsi que dans les épiphyses des os longs. Il est constitué d'un réseau de travées osseuses irrégulières ou trabécules, ramifiées et anastomosées, qui délimitent des espaces inter-communicants contenant de la moelle osseuse (ou moelle rouge permettant le développement des cellules sanguines) et des vaisseaux. Ces canaux vasculaires, à l'aspect dilaté et flexueux, forment le réseau vasculaire intra-médullaire. (cf. Figure 4) (27)

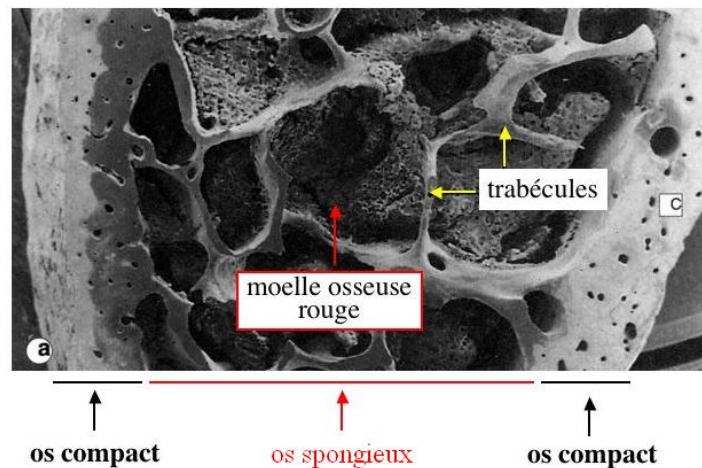


Figure 4 : Coupe macroscopique des espaces médullaires de l'os spongieux (d'après l'université de Lyon)

Concernant la vascularisation, quatre sources différentes alimentent les os longs (cf. Figure 5) (28) : les artères périostées, l'artère nourricière, les artères perforantes

métaphysaires et épiphysaires. Ces deux dernières sources constituent les réseaux épiphyso-métaphysaires.

La vascularisation des autres os (courts et plats) est diffuse et se rapproche en cela des réseaux épiphyso-métaphysaires.

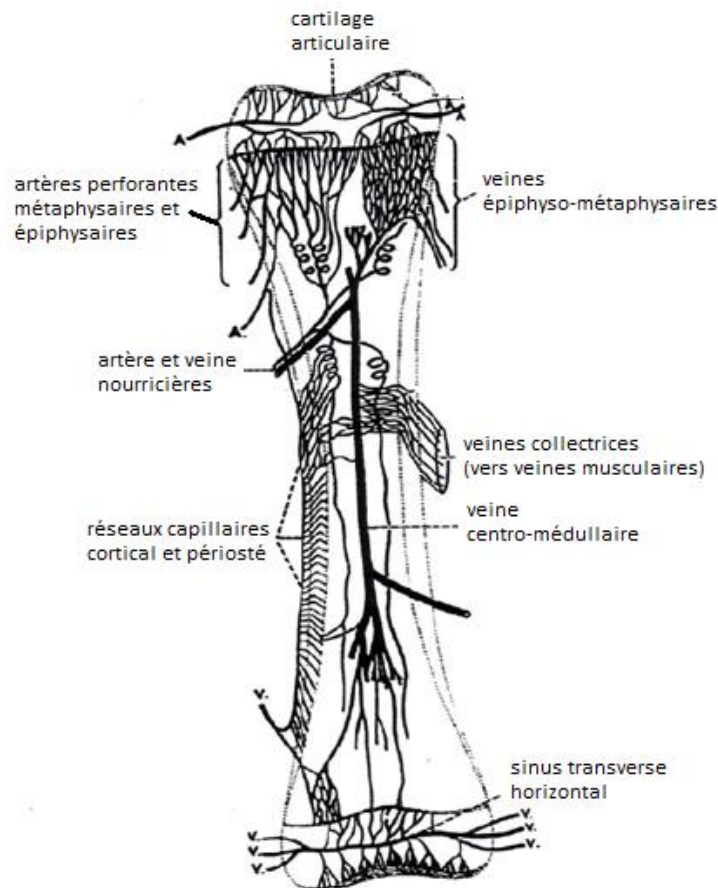


Figure 5 : Schéma de la vascularisation artérielle et veineuse des os longs
(d'après Laroche (28))

Le système veineux se décompose de la manière suivante (cf. Figure 5) :

- Du périoste partent de nombreuses veines collectrices qui rejoignent les veines musculaires ;
- Le tiers interne de la corticale est drainé par une veine centro-médullaire ;
- Le drainage des épiphyses et des métaphyses est assuré par de nombreuses veines épiphyso-métaphysaires. Elles constituent un réseau veineux de sinusoides de calibre irrégulier formant, à l'étage épiphysaire, un sinus transverse horizontal. Il se draine jusqu'à la circulation veineuse centrale cave par les veines corticales et périostées. (cf. Figure 6) Ce plexus veineux compose le réseau vasculaire intra-médullaire. Il a la

propriété, contrairement aux veines périphériques, de ne pas se collaber, même en présence d'une hypotension artérielle extrême, car il est sous-tendu par les travées osseuses. (2)

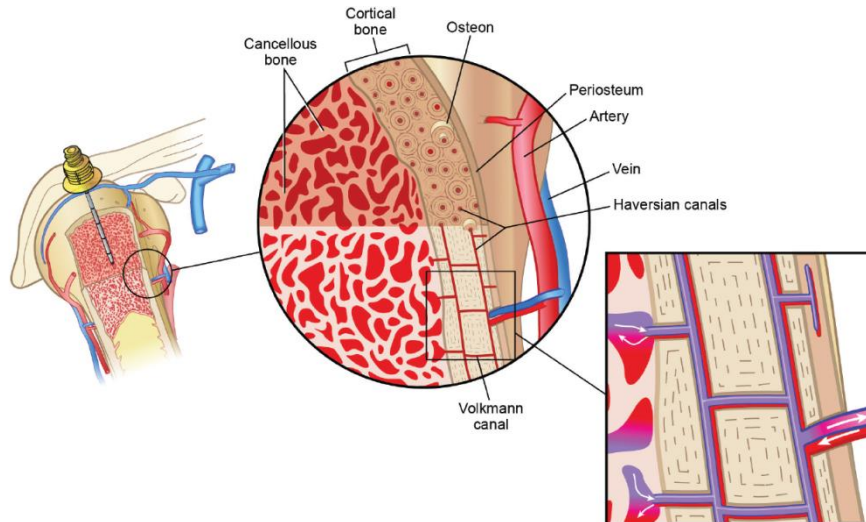


Figure 6 : Schéma de la vascularisation à l'étage épiphyso-métaphysaire
(d'après Vidacare® Corporation, 2013)

Enfin, il faut préciser que la richesse médullaire varie avec l'âge et la topographie osseuse. À la naissance et jusqu'à l'âge de 4-5 ans environ, la moelle de la totalité des cavités osseuses à l'exception des phalanges terminales, est rouge et active. Cette moelle va progressivement être colonisée par des cellules adipeuses pour former la moelle dite jaune. Ainsi, chez l'adulte, la moelle hématopoïétique ne persiste qu'au sein des os courts, des os plats et des épiphyses des os longs.

C. DONNEES PHARMACOCINETIQUES

1. Pharmacocinétique et pharmacodynamie

Dès 1942, Papper montrait que les solutés administrés par voies intra-veineuse et intra-osseuse (sternale) atteignaient la circulation centrale dans des délais similaires (respectivement 10,4 et 12,9 sec). (29)

Depuis, pour comparer la pharmacocinétique de la voie intra-osseuse par rapport à la voie veineuse, la très grande majorité des études ont été effectuées chez l'animal. (30) (31)

La plupart a montré une équivalence pharmacocinétique entre ces deux voies d'administration, excepté un pic de concentration plus bas et plus retardé par l'administration intra-osseuse pour certains antibiotiques comme la ceftriaxone, le chloramphénicol, la vancomycine et la tobramycine. Cette différence, possiblement liée à un dépôt de l'antibiotique au niveau de la moelle osseuse, était cependant réduite par l'injection intra-veineuse directe de 3-10 ml de sérum physiologique immédiatement après l'injection de la molécule étudiée. (32)

Chez l'homme, la seule étude pharmacocinétique comparant les voies intra-veineuse (IV) et intra-osseuse (IO) a été publiée par Von Hoff et col. en 2008. Ces auteurs ont ainsi montré que la morphine avait une pharmacocinétique par voie IO non statistiquement différente de celle par voie IV, excepté une augmentation du volume de distribution ($4,8 \pm 1,7$ vs $3,6 \pm 1,4$ L/kg ; $p=0,02$), possiblement là encore liée à un dépôt de la morphine au niveau de la moelle osseuse. (33)

Concernant la comparaison de la pharmacocinétique de l'adrénaline par voie IO et par voie IV, les seules études expérimentales existantes ont été effectuées chez l'animal. Sur un modèle de chiens normo-tendus ou en choc hémorragique, Orlowski et col. a montré que le délai et la durée d'efficacité de l'adrénaline n'étaient pas significativement différents selon qu'elle était administrée par voie intra-veineuse périphérique, intra-veineuse centrale ou intra-osseuse. (34) A contrario, par comparaison avec les trois voies d'administration précédentes, l'adrénaline administrée par voie intra-trachéale avait des effets retardés, plus faibles et plus prolongés, et surtout inconstants puisqu'absents chez certains des animaux étudiés. En 2006, chez des porcs en arrêt cardiaque, Hoskins et col. a montré que l'adrénaline administrée par voie IO était au moins aussi efficace qu'injectée par voie centrale pour permettre de restaurer une activité hémodynamique adaptée. (35)

La majorité des études permet donc de conclure que la pharmacocinétique de l'adrénaline, comme de beaucoup d'autres substances, ne semble pas différente qu'elle soit administrée par voie intra-osseuse ou par voie intra-veineuse. Seule une étude récente de Burgert et col. sur cinq porcs en arrêt cardiaque remettrait en cause cette équivalence. En effet, il a observé une concentration maximale d'adrénaline significativement plus importante lors d'une administration par voie IV que par voie IO sternale ($19,8$ vs $6,9$ ng/ml) chez des porcs en cours de réanimation cardio-pulmonaire. (36) (37)

Un autre point doit également être pris en considération : le choix du site d'injection. Hoskins et col. a montré que l'adrénaline administrée par voie IO au niveau sternal était aussi

rapidement efficace qu'administrée par voie IO humérale (respectivement $32,5 \pm 4,1$ et $35 \pm 4,6$ sec) et plus rapidement efficace qu'administrée par voie IO tibiale (48 ± 10 vs 121 ± 30 sec). (38) (39)

De même, l'étude de Burgert et col. de 2012 montrait une différence significative entre les délais pour atteindre les concentrations maximales d'adrénaline administrée par voie IO sternale et IO tibiale (respectivement 60 ± 42 et 156 ± 13 sec). (36) Cela peut s'expliquer par le fait que le drainage veineux sternal est plus riche et rejoint plus rapidement la circulation veineuse cave puis centrale qu'en tibial proximal.

Cependant, il faut rappeler que l'abord sternal est à écarter chez des patients en ACR en cours de réanimation cardio-pulmonaire (RCP) car il interfère avec la réalisation du massage cardiaque externe.

2. Débit de perfusion

Le débit de perfusion est variable pour une perfusion intra-osseuse (de 3,3 ml/min à 165 ml/min), mais est toujours moindre qu'avec une perfusion veineuse. (40)

Ce débit est d'abord fonction de la pression intra-osseuse. De manière physiologique, il existe une surpression au niveau intra-osseux, de l'ordre de 35 à 25 mmHg, intermédiaire entre la pression artérielle (120-80 mmHg) et la pression veineuse (0 à 10 mmHg), permettant la perfusion. (cf. Figure 7)

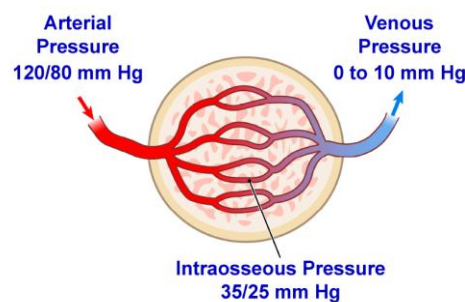


Figure 7 : Comparaison des différentes pressions
(artérielle, veineuse et intra-osseuse)

L'étude de Shoor et col. chez des veaux anesthésiés, montrait que les débits pouvaient être largement augmentés grâce à l'utilisation d'une poche de contre-pression gonflée à 300 mmHg. (41) Ceci est confirmé par l'étude de Ong et col. en 2009, que ce soit lors d'une

administration intra-osseuse humérale (84 ml/min sans poche de contre-pression vs 153 ml/min avec poche de contre-pression) ou tibiale proximale (73 ml/min sans poche de contre-pression vs 165 ml/min avec poche de contre-pression), ces résultats étant statistiquement significatifs. (42)

Ce débit de perfusion peut également être amélioré par la réalisation d'un bolus liquidien initial rapide de 5 à 10 ml chez l'adulte (2 à 5 ml chez l'enfant) de sérum physiologique pour l'amorçage de la voie intra-osseuse, technique actuellement recommandée dans la pratique courante (« *no flush = no flow* »). (43)

Enfin, les débits de perfusion sont également fonction de la taille du trocart et du site d'insertion. (44) Dans une étude réalisée chez des porcs anesthésiés, Warren et col. a montré en 1993 que le débit de perfusion intra-osseux huméral était significativement plus élevé que le débit de perfusion intra-osseux tibial ($22,3 \pm 8,8$ vs $8,8 \pm 6,3$ ml/min ; $p < 0,001$) du fait de la localisation plus centrale et du drainage plus rapide vers de plus gros vaisseaux. (40) Ceci est rapporté également par Laitre et col. dans une étude de 2013. (45)

A contrario, Ong et col. a montré, dans une étude de 2009 chez l'homme, que les débits de perfusion par voie IO humérale proximale et IO tibiale proximale n'étaient pas statistiquement différents que les perfusions soient administrées par gravité simple (respectivement $82,5 \pm 37,6$ et $71,7 \pm 33,9$ ml/min) ou à l'aide d'une poche de contre-pression ($145,0 \pm 61,4$ et $145,4 \pm 70,9$ ml/min). (42) Ces mêmes auteurs recommandaient toutefois de choisir en première intention l'extrémité proximale du tibia, les repères anatomiques étant plus faciles à appréhender qu'au niveau de l'extrémité supérieure de l'humérus.

De plus, les situations requérant un débit de perfusion important sont limitées aux indications de remplissage du patient, ce qui n'est pas le cas pour un patient en ACR.

3. Médicaments administrables

Tous les médicaments et les solutés qui peuvent être injectés en sécurité par voie veineuse peuvent l'être a priori par voie intra-osseuse à la même posologie.

Les médicaments administrables sont des antibiotiques, des amines vaso-pressives, des curares, des hypnotiques, des produits sanguins labiles (46) (avec un débit de 1 culot de globules rouges en 15 à 30 minutes), des colloïdes, des cristalloïdes, du Ringer Lactate® et des solutions de chlorure de sodium. Une liste plus exhaustive de médicaments effectivement administrés par VIO sans événements indésirables rapportés est présentée en Annexe 1.

Il est à noter des réserves concernant les produits suivants : l'administration de solutés hypertoniques ou alcalins pour lesquels il serait préférable de réaliser une dilution, l'administration d'amines (adrénaline et noradrénaline) pour laquelle des cas de nécrose cutanée ont récemment été observés mais sans confirmation formelle du lien (hypothèse de doses limites maximales administrables par voie intra-osseuse (47)), et l'administration d'agents de chimiothérapie qui est contre-indiquée.

En pratique, après chaque injection médicamenteuse, il est conseillé de purger la ligne de perfusion par 3 à 5 ml de sérum physiologique.

4. Prélèvements possibles

Il est possible de réaliser des prélèvements de sang à partir d'une perfusion intra-osseuse avec des résultats superposables à ceux obtenus par voie veineuse, pour certains dosages dont les globules rouges, l'hémoglobine, l'hématocrite, la glycémie, la natrémie, la créatininémie, la chlorémie, la protéinémie et l'albuminémie.

En revanche, il n'est pas retrouvé de corrélation entre les prélèvements osseux et veineux pour les dosages des globules blancs, des plaquettes, du potassium, du sodium, du LDH et du pH).

Les résultats sanguins d'échantillons prélevés en intra-osseux sont donc à considérer avec réserve mais peuvent se révéler utiles dans des situations critiques où aucun autre échantillon ne peut être prélevé. En pratique, il est nécessaire de jeter les 3 à 5 premiers millilitres prélevés avant d'obtenir un échantillon fiable et de bien préciser au laboratoire qu'il s'agit d'un prélèvement intra-osseux afin que l'analyse et l'interprétation des résultats tiennent compte de la présence possible de débris osseux et de cellules souches.

D. MISE EN PLACE ET CONTROLE DE LA VOIE INTRA-OSSEUSE

1. Les dispositifs de perfusion intra-osseuse (DIO)

L'accès au réseau vasculaire intra-médullaire est effectué par l'utilisation de dispositifs intra-osseux (DIO).

Il existe trois catégories distinctes de DIO disponibles sur le marché en France : manuels, par percussion et motorisé.

a) DIO à insertion manuelle

Il s'agit d'une aiguille en acier de taille variable montée sur un trocart. Ces dispositifs sont munis d'une poignée différente selon chaque modèle. Ils sont pratiques, peu encombrants, légers, facilement transportables. L'insertion se fait à la seule force de l'opérateur. Cela explique les difficultés rencontrées lors de leur mise en place chez l'adulte jeune, du fait de la densité osseuse. De ce fait, leur utilisation est plutôt pédiatrique. (48) De plus, certains sont initialement prévus pour des ponctions osseuses et non des injections (les trocars de Mallarmé® et d'Illinois®) et ont un risque plus important d'être arrachés lors du transport en pré-hospitalier. (49)

Les dispositifs disponibles sont :

- Les aiguilles de Cook® (cf. Figure 8)

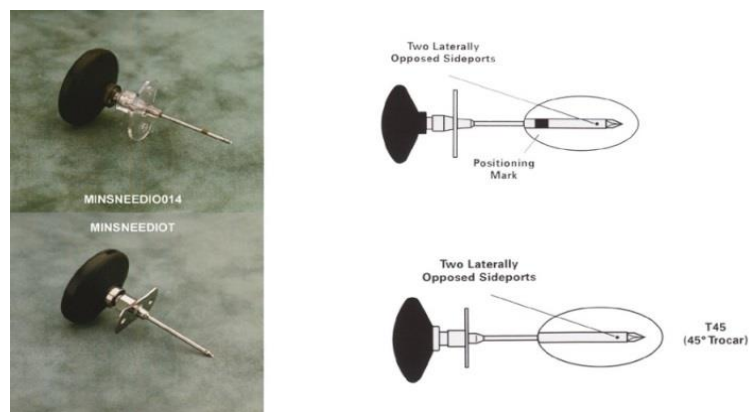


Figure 8 : Aiguille de Cook® type Dieckmann

- Le trocart de type Mallarmé® (cf. Figure 9)

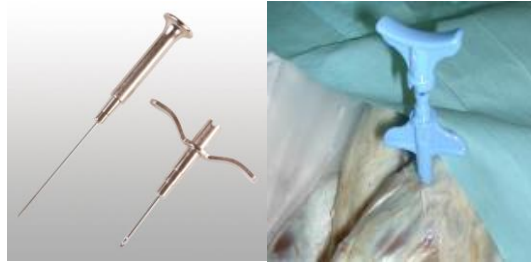


Figure 9 : Trocars de Mallarmé®, métallique et plastique (t'PS®)

- Les aiguilles d'Illinois® (cf. Figure 10)

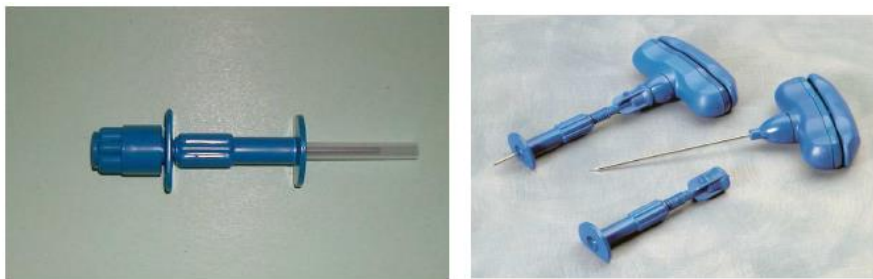


Figure 10 : Trocart de type Jamshidi® et le trocart de Kendall®

- Le trocart manuel EZ-IO® (cf. Figure 11)

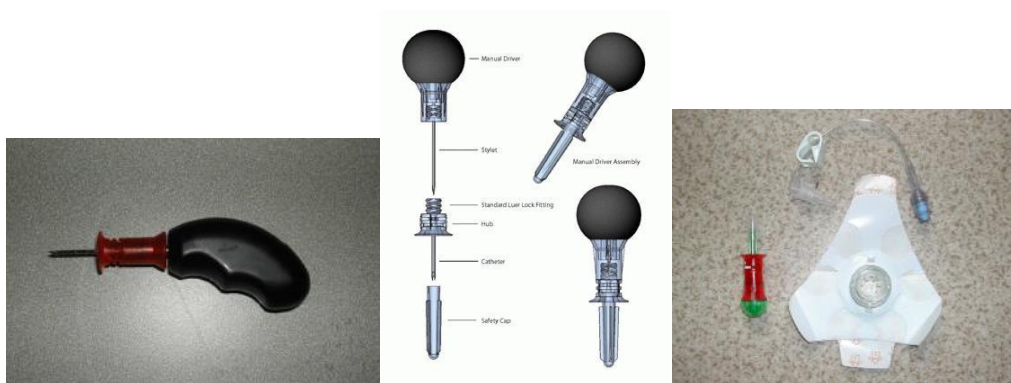


Figure 11 : EZ-IO poignée®, EZ-IO manual needle set® et EZ-IO sternal needle set®

b) DIO à percussion

Il s'agit d'un trocart « armé » sur un système de détente réglable qui propulse l'aiguille intra-osseuse pour perforer la corticale osseuse. C'est un dispositif

semi-automatique, l'insertion se fait par simple pression et non plus par la force de l'opérateur. L'utilisation est plus fréquente en pratique militaire car les modèles disponibles sont légers, compacts donc transportables et facilement utilisables.

Il en existe deux types :

- BIG[®] (Bone Injection Gun) (cf. Figure 12)



Figure 12 : BIG[®] (pédiatrique et adulte)

Il a été utilisé par les forces spéciales américaines en Irak et en Afghanistan. (8) (50) Une utilisation en localisation sternale est formellement contre-indiquée.

- FAST[®] (Fast Access Shock and Trauma) (cf. Figure 13)

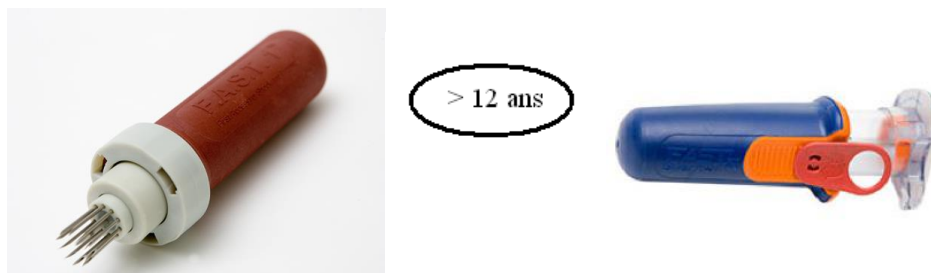


Figure 13 : FAST-1[®] et FAST-X[®]

Il a la particularité d'être composé d'une multitude d'aiguilles disposées en cercle entourant un trocart central dans lequel passe un cathéter. (51) Son utilisation est exclusivement limitée à l'abord sternal chez l'adulte.

c) DIO motorisé, EZ-IO® (Vidacare®, Etats-Unis)

Il s'agit d'un système où les aiguilles sont montées sur une perceuse. (cf. Figure 14) C'est le dispositif le plus perfectionné, s'inspirant des perceuses utilisées par les chirurgiens orthopédiques pour le passage des corticales osseuses lors de la pose de vis ou de plaques. Il est utilisable chez l'adulte et l'enfant de plus de 3 kg en localisations tibiale proximale, humérale et tibiale distale. L'usage en sternal est validé uniquement pour les militaires.



Figure 14 : EZ-IO®

Il est constitué d'un appareil autonome, à batterie au lithium non rechargeable, similaire à une perceuse, sur lequel est disposée une aiguille stérile adaptable. Le principal avantage est la maîtrise de la force de pénétration dans l'os afin de disposer l'aiguille à la profondeur désirée. Il permet un franchissement plus aisé des corticales osseuses les plus épaisses. (52)

Il existe actuellement 2 modèles de perceuses :

- EZ-IO Power Drive®, pesant 450 g et avec une pile au lithium scellée prévue pour une durée de vie de 10 ans et 1000 utilisations ;
- EZ-IO G3 Power Driver®, de poids et de dimensions plus réduits (315 g), existe en version militaire, civile et d'entraînement. Sa pile lithium scellée est prévue pour une durée de vie de 10 ans et 500 utilisations.

Plusieurs tailles d'aiguilles sont disponibles :

- Rose, à usage pédiatrique (patient de 3 à 39 kg), de diamètre de 15 G et de longueur de 15 mm ;
- Bleu, à usage adulte (patient de plus de 40 kg), de diamètre de 15 G et de longueur de 25 mm, pour les sites tibiaux distal et proximal ;
- Jaune, à usage adulte, de 45 mm de longueur, pour le site huméral ou chez les patients en surpoids.

En pratique actuellement, les aiguilles sont choisies en fonction de la morphologie et des tissus à traverser ; une aiguille rose peut être utilisée chez l'enfant comme chez la personne âgée cachectique et une aiguille bleue peut être adaptée pour un enfant bien « potelé ».

Les aiguilles sont en acier inoxydable, stérile, usage unique, avec une connexion Luer Lock[®] permettant la perfusion continue. Elles sont pré-assemblées avec un stylet et un cathéter. Elles sont très tranchantes, diffusent dans les trois dimensions et ne s'obstruent pas lors du contact avec la corticale.

d) Comparaison des différents DIO

Il est délicat de comparer les différents dispositifs car les résultats de la littérature sont fonction du type d'étude (expérimentale, au cours d'une formation ou en conditions réelles), du site d'insertion, de l'expérience de l'opérateur. Toutefois, l'ensemble des études comparatives s'accordent sur la supériorité du dispositif motorisé EZ-IO[®], que ce soit en terme de taux de réussite, de délai d'insertion, de complications liées à la pose, de facilité d'apprentissage et de préférence d'utilisation. Il tend à devenir le dispositif standard en médecine pré-hospitalière. (53) Un tableau comparant les différents DIO est présenté en Annexe 2.

2. Les sites d'insertion

La perfusion intra-osseuse n'est possible que sur des os richement vascularisés au niveau de la moelle présente dans le tissu spongieux. Cela concerne donc les os courts, plats (sternum et crêtes iliaques) et les épiphyses des os longs. Ainsi, une fois l'os cortical franchi, les cathéters intra-osseux vont permettre d'accéder à l'espace médullaire et au réseau veineux sinusoidal.

Différents sites anatomiques peuvent être utilisés pour mettre en place une PIO.

a) La voie sternale

L'insertion se fait au niveau du manubrium sternal (cf. Figure 15). C'est le site d'insertion le plus ancien. Il était le plus utilisé dans les années 1940-1950, notamment du fait de sa faible exposition aux blessures de guerre comparativement aux membres. (8) Actuellement la voie sternale est peu employée. En effet, elle n'est pas adaptée au patient en ACR, sa mise en place n'étant pas compatible avec les gestes de réanimation cardio-pulmonaire (RCP). Elle est également peu adaptée chez l'enfant du fait de la faible épaisseur de l'os et de la fragilité de la corticale, rendant l'injection hasardeuse (risque de ponction transfixiante très important). Des complications spécifiques à ce site ont été décrites : la médiastinite, l'hydrothorax, les plaies cardiaques et les plaies des gros vaisseaux. (50) (54) Il est en revanche peu touché par le risque de fractures. (55)



Figure 15 : Représentation du positionnement du DIO en localisation sternale

Les DIO utilisables sont quelques dispositifs manuels (trocart de Mallarmé®, trocart d'Illinois® et l'EZ-IO Sternal Needle Set®) et surtout actuellement les dispositifs à percussion FAST®, seuls reconnus par la Food and Drug Administration (FDA) pour une utilisation en localisation sternale. (50) (56)

b) La voie tibiale proximale

Il s'agit de la voie la plus classique de l'urgence, autant chez l'adulte que chez l'enfant, car elle ne gêne pas les manœuvres de réanimation lors de l'arrêt cardio-respiratoire. (49) Le point d'injection idéal se situe environ 2 cm en dedans de la tubérosité tibiale antérieure. Le site est plat, facilement accessible, la corticale osseuse est fine chez l'enfant comme chez l'adulte et les tissus sous-cutanés sont fins (cf. Figure 16 et Annexe 3). Les

repères osseux sont aisément pris et la iatrogénie est limitée compte-tenu du fait qu'aucun paquet vasculo-nerveux n'est présent. (42) Aussi, ce site est le plus apprécié et présente le plus fort taux de réussite. (57)

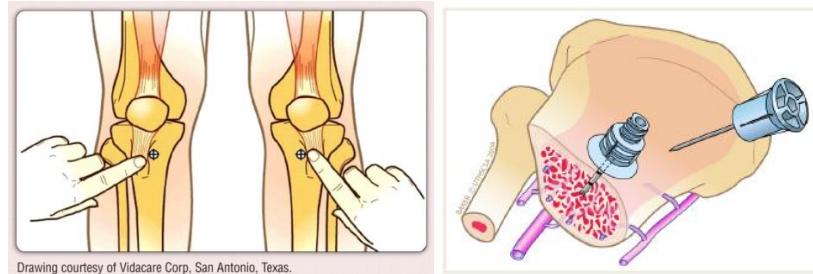


Figure 16 : Représentation du positionnement du DIO en localisation tibiale proximale
(d'après Vidacare[®] Corporation, 2013)

Les dispositifs pouvant être utilisés sur ce site sont les dispositifs manuels (trocart de Mallarmé[®], trocart d'Illinois[®], aiguille de Cook[®], poignée EZ-IO[®] et EZ-IO manuel[®]), le dispositif à percussion BIG[®], et le dispositif motorisé EZ-IO[®]. (50)

c) La voie humérale

La voie osseuse humérale est de connaissance plus récente mais elle constitue une alternative intéressante. Elle peut être utilisée chez l'adulte et chez l'enfant. Le point de ponction se situe au niveau de la face antérieure de la grosse tubérosité, en prenant garde à ne pas léser le tendon bicipital (cf. Figure 17). Ce site présente cependant un taux d'échec élevé car les repères osseux sont plus difficiles à identifier qu'en tibial proximal. De plus, la mise en place de cette voie peut gêner les manœuvres de RCP. Enfin, cette voie est plus exposée que la voie tibiale proximale et peut donc faire plus facilement l'objet d'une déperfusion accidentelle pendant le transport lors d'une utilisation en pré-hospitalier. (42) (56)

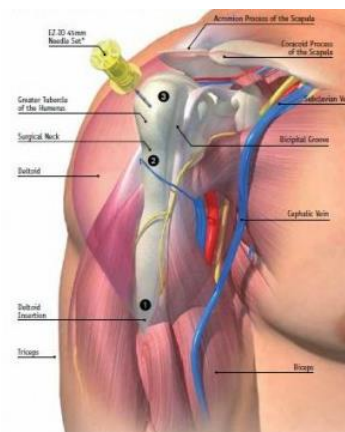


Figure 17 : Représentation du positionnement du DIO en localisation humérale
(d'après Vidacare® Corporation, 2013)

Les dispositifs utilisables au niveau de ce site sont les trocars manuels, le dispositif à percussion BIG® et surtout le dispositif motorisé EZ-IO®. (50)

d) La voie tibiale distale

C'est une autre alternative à la voie tibiale proximale, la corticale étant fine sur ce site. Pour ne pas léser la veine saphène, le point d'injection doit être effectué 1 à 2 cm au-dessus de la malléole interne, au niveau du plat de la diaphyse. (13) (58) (cf. Figure 18) Elle peut être utilisée chez l'adulte et chez l'enfant.

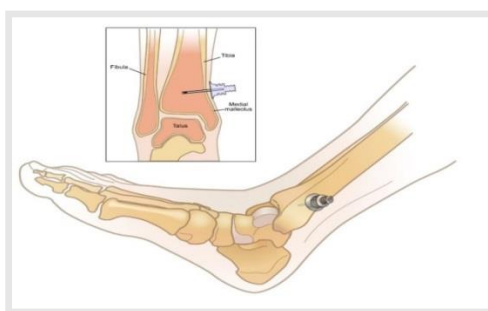


Figure 18 : Représentation du positionnement du DIO en localisation tibiale distale
(d'après Vidacare® Corporation, 2013)

Seul le dispositif EZ-IO® motorisé est reconnu par la FDA pour une utilisation sur ce site.

e) Les autres voies

La voie fémorale a été décrite de façon théorique dans la littérature. L'insertion serait distale, à environ 2 cm du condyle externe dans un plan sagittal. Néanmoins, les reliefs osseux restent difficilement palpables sous la masse musculaire quadricipitale et le risque de lésions des tissus est élevé.

La voie iliaque : Le site de ponction se situe au niveau de la crête iliaque. À cet endroit, la moelle a une structure complexe avec une cavité médullaire large mais une corticale épaisse et il existe une grande variabilité inter-individuelle de l'épaisseur des tissus sous-cutanés. (55) Cette voie est donc d'accès délicat. En outre, chez l'enfant, la crête iliaque est vascularisée de manière inconstante.

Les voies radiale et calcanéenne : Ces voies seraient accessibles à la PIO malgré l'absence de cavité médullaire fonctionnelle. (60) (61)

La malléole péronière et la clavicule ont été également citées comme zones de ponction. (13) (49)

Aucune de ces voies n'est recommandée en première intention et les seuls sites d'insertion reconnus par la FDA sont le tibial proximal, l'huméral, le tibial distal et le sternal pour un usage surtout militaire. (49)

Les dispositifs motorisés EZ-IO[®] sont recommandés pour une utilisation sur les sites présentés sur la Figure 19.

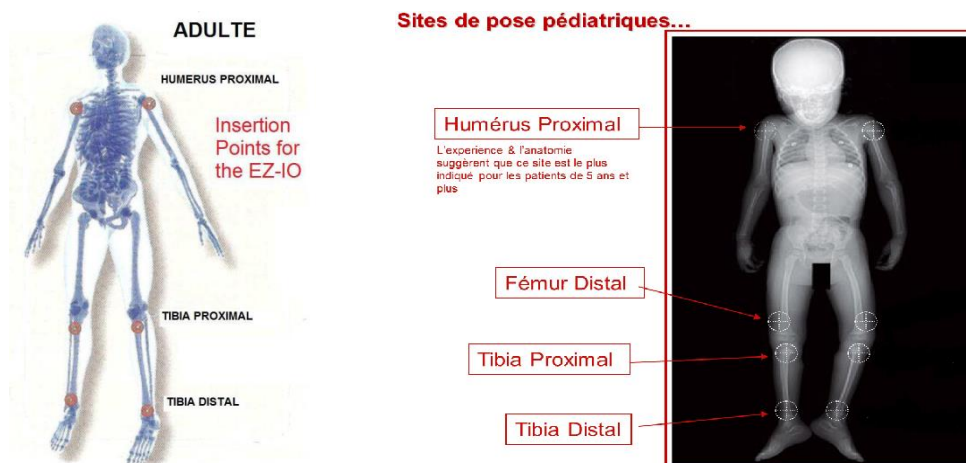


Figure 19 : Sites adultes et pédiatriques recommandés pour l'utilisation du DIO motorisé EZ-IO[®]

E. COMPLICATIONS DECRITES

Peu de complications en relation avec un accès intra-osseux ont été rapportées dans la littérature.

Historiquement, outre les échecs lors de la pose de la voie, les seules complications rapportées étaient d'origine infectieuse et de l'ordre de 0,6%. (62) Avec l'apparition des nouveaux dispositifs et des nouvelles techniques, le risque infectieux a diminué aux dépens de l'extravasation, complication la plus fréquemment rapportée actuellement. Toutefois, même si leur incidence est faible, ces complications ne doivent pas pour autant être négligées, certains cas pouvant être de pronostic défavorable. (50)

1. Complications techniques : échecs de pose

Les échecs de pose sont peu fréquents, de moins de 10%. (53) Ils sont fonction du dispositif utilisé, de l'opérateur, du patient et/ou de l'environnement.

De manière générale, ils se traduisent par une difficulté technique à la mise en place du dispositif ou au retrait de l'aiguille, une perfusion non fonctionnelle ou une extravasation immédiate.

Ils peuvent résulter :

- D'une mauvaise prise des repères anatomiques conduisant à un mauvais placement du cathéter. Ceci est plus fréquent lors d'un positionnement en huméral et/ou lorsque la formation ou l'expérience de l'opérateur est insuffisante ;
- D'une aiguille trop courte qui ne franchit pas la corticale et n'atteint pas la cavité osseuse. Cela peut arriver chez les patients obèses ou lors d'un mauvais choix d'aiguille ;
- D'une transfixion de l'os abordé, plus fréquente chez les nouveau-nés où la perception du franchissement de la corticale est faible ou lors de l'utilisation d'un dispositif à percussion ;
- D'une torsion ou d'une cassure de l'aiguille ;
- D'une déperfusion accidentelle immédiate dans le cas d'un patient agité ;
- D'un dysfonctionnement du matériel (dispositifs à percussion, batteries des systèmes motorisés).

L'opérateur doit être alerté par le fait que tous les critères de bonne insertion ne sont pas remplis et qu'il existe ainsi un risque non négligeable de complication (type extravasation) s'il tente malgré tout de perfuser.

2. Complications précoces

a) Douleur

Il s'agit d'un sujet souvent débattu car peu de données sont disponibles dans la littérature, les patients nécessitant la mise en place d'une perfusion intra-osseuse étant pour la plupart inconscients.

La douleur peut relever de deux mécanismes différents (cf. Figure 20) :

- Le franchissement de la corticale (douleur décrite comme minime) ;
- La perfusion initiale de liquide dans la cavité médullaire (douleur décrite comme significative et plus importante en tibial proximal qu'en huméral).

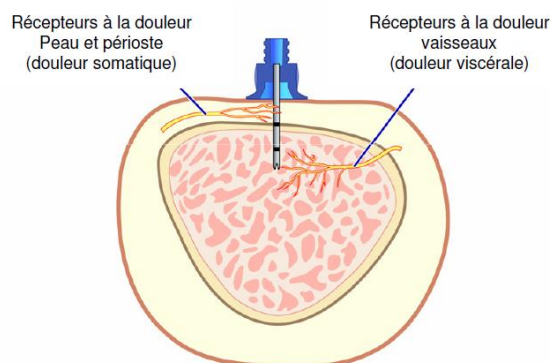


Figure 20 : Schéma des mécanismes à l'origine de la douleur lors de la PIO

Les quelques études sur des sujets conscients (score de Glasgow supérieur à 8) retrouvent un score moyen selon les études compris entre 0 et 3,8 sur une échelle visuelle analogique (EVA) lors de la pose d'un DIO par EZ-IO® et 3,2 à 5 à l'injection initiale de fluide dans la cavité médullaire. (43) (63) (64)

Ces valeurs sont comparables à celles retrouvées lors de la mise en place d'une voie centrale ou d'une voie périphérique. (65) (66)

En pratique et afin de réduire efficacement cette douleur, il est recommandé, chez un patient conscient, de réaliser après le franchissement de la corticale une injection lente d'un bolus de 20 à 50 mg de lidocaïne 2% (environ 2 ml) dans la cavité médullaire ou 0,5 mg/kg et d'attendre 15 secondes pour obtenir l'effet anesthésique. (42) (43) Il n'y a pas d'effet systémique lors d'une injection lente car la lidocaïne reste en intra-médullaire et est absorbée rapidement. Ce bolus peut être renouvelé une fois si nécessaire lors d'un abord en tibial proximal.

b) Complications mineures courantes

L'extravasation sous-cutanée

Il s'agit de la complication liée à la mise en place d'un dispositif intra-osseux la plus fréquemment décrite aujourd'hui, qui n'a le plus souvent pas de conséquences graves, si ce n'est l'absence d'accès vasculaire effectif. Elle est provoquée par le passage du liquide perfusé en dehors de l'espace vasculaire, dans les tissus environnants.

Son occurrence est le plus souvent due à une malposition du trocart. Aussi, sa fréquence est augmentée lors de l'utilisation de dispositifs à insertion manuelle (12%) ou à percussion (18%). L'emploi du dispositif motorisé EZ-IO® permet en effet de réaliser une insertion plus précise et limite de ce fait le risque d'extravasation autour de l'aiguille, de solutés de perfusion et/ou de médicaments injectés. De plus, la mise en place d'un dispositif spécifique de stabilisation réduit les risques de mobilisation de l'aiguille, là encore source potentielle d'extravasation. (32) (57) (67)

L'extravasation peut également être due à la réalisation d'une PIO sur un os déjà perfusé moins de 48 heures avant. En effet, la brèche réalisée au niveau de l'os constitue une communication directe avec le tissu sous-cutané, ce qui en cas de perfusion mise en place sur ce même os, entraîne une fuite directe du liquide de perfusion dans le tissu sous-cutané.

Les signes précoces d'extravasation sont l'apparition d'un œdème sous-cutané, d'ecchymoses ou d'une augmentation de la circonférence du membre, accompagnés parfois de douleur au point de ponction. La présence de l'un de ces signes nécessite le retrait immédiat du dispositif. Si elle n'est pas prise en charge correctement, l'extravasation peut se compliquer d'une cellulite ou d'un syndrome des loges pouvant conduire à une intervention chirurgicale voire une amputation. De plus, des cas de nécroses cutanées suspectés d'être en lien avec une extravasation d'amines ont été rapportés récemment. (47) (68) La mise en place

d'un accès intra-osseux nécessite donc une asepsie la plus rigoureuse possible compte tenu du contexte, quel que soit le dispositif utilisé. L'absence de reflux lors de la mise en place du dispositif ne constitue pas une raison suffisante au retrait mais doit rendre l'opérateur encore plus vigilant quant au risque d'extravasation (malposition du cathéter plausible).

Le déplacement et la déperfusion

Ils peuvent être accidentels ou liés à un mauvais positionnement de l'aiguille à l'insertion. Leur fréquence augmente en pré-hospitalier, lors de la prise en charge de patients agités, lors d'un positionnement du dispositif en huméral (l'acromion pouvant interférer avec le cathéter lors de la mobilisation) et avec les DIO de mise en place peu précise (notamment les manuels).

L'utilisation d'un stabilisateur peut permettre de réduire ces risques.

3. Complications tardives

Ces complications sont plus rares mais plus graves.

Le syndrome des loges

Il fait suite à une extravasation non ou mal prise en charge. Cette complication est grave car elle nécessite une intervention chirurgicale pouvant aller jusqu'à l'amputation du membre concerné mais reste heureusement rare (0,7%). (49) (69)

L'ostéomyélite

C'est la complication la plus grave, pouvant conduire à un retard de croissance chez l'enfant. Heureusement, son incidence demeure faible, de moins de 1%, tendant pour la plupart des études vers 0,6%. (49) (62) Les cas observés concernaient soit des patients présentant une bactériémie au moment de la mise en place du dispositif, soit des patients chez qui la VIO avait été laissée en place pendant un temps anormalement prolongé (au-delà du délai de 24 heures recommandé). (68) (70)

La prévention de l'ostéomyélite infectieuse consiste en une asepsie rigoureuse, l'utilisation de matériel stérile et le retrait du dispositif dans les 24 heures suivant sa pose. (68) Il n'existe pas d'études récentes mais les nouvelles techniques et procédures d'asepsie abaissent probablement le taux.

Nécrose cutanée

Plusieurs cas de nécrose cutanée ont été décrits ces dernières années et notamment lors de l'administration d'adrénaline à forte dose. (68) (71)

Le plus récent date de 2013. Fetissof rapporte une nécrose cutanée survenue moins d'une heure après l'administration de noradrénaline intra-osseuse (4,2 mg/h) en tibial proximal chez une patiente en choc septique. Différentes causes susceptibles d'être responsables de la nécrose ont été évoquées : extravasation de la noradrénaline pendant la réanimation, spasme d'une artère péri-osseuse, lésions ischémiques associées à la défaillance multi-organes ou déplacement du dispositif. Malgré le retrait du dispositif et la poursuite de la réanimation sur une voie centrale, la patiente décédera en 24 heures des complications du choc septique. (47)

L'embolie graisseuse

Elle fait partie des complications les moins fréquentes. Le risque est surtout théorique car aucune incidence clinique n'a encore été démontrée chez l'homme. Une étude sur des chiens a retrouvé une occurrence systématique d'embolie pulmonaire graisseuse lors de la pose d'une perfusion intra-osseuse mais sans aucune répercussion clinique. (72) (73) (74)

Avant l'âge de 6 ans, du fait de la constitution essentiellement hématopoïétique de la moelle, le risque est anecdotique. La seule discussion peut concerner le potentiel risque d'embolie cérébrale chez des patients porteurs d'une communication intra-cardiaque. (72)

À noter également que le bolus liquidien initial conseillé, servant à ouvrir le réseau vasculaire a été réduit de 20 ml à 10 ml (quantité jugée suffisante et permettant de diminuer le risque théorique d'embolie graisseuse).

L'embolie gazeuse

Elle a été décrite par Hillewig 2007. Compte tenu du fait qu'il règne une pression positive dans l'os, son risque est rarissime. (75)

La fracture du membre

Elle est peu fréquente mais peut survenir à deux étapes.

- La première, lors de la mise en place du dispositif : dans ces cas, elle est due à une mauvaise prise de repères ou à une insertion forcée ou trop profonde avec traversée complète du fût osseux. Elle est plus fréquente chez les nouveaux-nés, chez qui le

franchissement de la corticale est moins perceptible, dans les cas d'ostéoporose sévère ou lors de l'utilisation de dispositif à percussion. (76) (77)

- La seconde, lors de la réalisation du bolus liquidien initial si l'injection est trop brutale et la quantité de liquide trop importante (actuellement, il est recommandé d'administrer au maximum 10 ml chez l'adulte).

Enfin, on peut noter que la mise en place d'un DIO en position sternale peut être source de complications spécifiques telles que la médiastinite, le pneumothorax, l'hydrothorax et les lésions des gros vaisseaux.

F. INDICATIONS ET CONTRE-INDICATIONS

1. Indications

a) La prise en charge de l'arrêt cardio-respiratoire en pré-hospitalier

L'indication princeps de la voie intra-osseuse a été la transfusion sanguine dès 1922. (2) Aujourd'hui, sa principale indication est l'arrêt cardio-respiratoire (ACR) chez l'adulte et chez l'enfant.

Lors de la prise en charge médicalisée de l'ACR, l'administration d'adrénaline le plus précocement possible est primordiale pour la survie du patient, quelle que soit l'étiologie de l'ACR. En effet, l'adrénaline reste le médicament de première intention lorsque l'ACR n'est pas une fibrillation ventriculaire (FV) ou quand, en cas de FV, le retour à une activité cardiaque spontanée (RACS) n'est pas obtenu après un choc électrique réalisé dans des conditions satisfaisantes.

L'objectif de l'administration d'adrénaline lors d'un ACR est l'augmentation du tonus vasculaire grâce à son puissant effet vasopresseur alpha-sympathomimétique. Ainsi, en provoquant une vasoconstriction artérielle et une augmentation du retour veineux, la pression artérielle diastolique au cours du massage cardiaque externe est augmentée, permettant une meilleure perfusion coronaire, ainsi qu'une amélioration des débits sanguins régionaux cardiaque et cérébral : les chances de RACS sont de ce fait augmentées et la perfusion cérébrale préservée. (78)

Cependant, le facteur limitant l'administration la plus précoce possible d'adrénaline chez un patient en ACR reste l'obtention rapide d'un accès vasculaire fiable. En effet, la mise en place d'une voie veineuse périphérique (VVP) peut parfois s'avérer extrêmement difficile lors de la prise en charge extra-hospitalière. Lapostolle et col. a montré que chez 495 patients pris en charge en milieu extra-hospitalier, le taux de succès de mise en place d'une perfusion veineuse périphérique lors de la première tentative de ponction n'était que de 74%, avec une durée médiane de 2 minutes ; pour les 26% de patients nécessitant plusieurs tentatives, la durée médiane était de 5 minutes. Cette proportion de 26% d'échec lors de la première tentative était superposable (24%) dans le sous-groupe de patients en ACR (n=46). Le corollaire à cette difficulté de mise en place d'une VVP fiable est un retard à l'administration des médicaments nécessaires au traitement du patient, retard qui est considéré comme une « perte de chance ». Or, lors d'un ACR, il est clairement établi que chaque minute compte, et que le pronostic de survie du patient diminue de près de 10% à chaque minute suivant l'arrêt en l'absence d'une réanimation cardio-pulmonaire efficace. (79)

Ainsi actuellement, afin de mettre en place le plus rapidement possible une voie d'abord lors d'un ACR, toutes les recommandations internationales, européennes et françaises depuis 2010 s'accordent sur la nécessité de l'utilisation de la voie intra-osseuse (cf. Chapitre II. A.) :

- En pédiatrie, elle devient l'accès vasculaire de premier choix.
- Chez l'adulte, elle est placée au même rang de priorité que la voie veineuse et est indiquée dès que l'abord vasculaire veineux n'est pas facilement et rapidement accessible.

La voie endotrachéale n'est plus recommandée pour l'administration de médicaments (intubation trachéale préalable nécessaire pouvant être longue, difficile et présentant des risques de complications importants) et la mise en place de voies centrales est découragée (taux d'infection de 9% aux Etats-Unis, associé à une mortalité de 10% avec un coût très élevé et une mise en place difficile et longue avant de pouvoir administrer les médicaments nécessaires).

La VIO est donc devenue une voie d'abord privilégiée chez l'adulte comme chez l'enfant, car elle a tous les avantages d'une voie centrale mais est plus simple et plus rapide à mettre en place, d'où son intérêt dans la prise en charge de l'ACR.

b) Autres indications de la perfusion intra-osseuse

Par extension, la voie intra-osseuse est indiquée pour toute situation d'urgence, adulte ou pédiatrique, civile ou militaire, pré-hospitalière ou hospitalière, nécessitant la mise en place rapide d'une voie d'abord vasculaire, lorsque l'accès veineux périphérique est difficile ou impossible, afin de ne pas retarder l'administration de thérapeutiques. (80) (81)

Outre l'ACR quelle que soit l'étiologie, les principales situations potentielles sont donc :

- les états de choc avec instabilité hémodynamique (quelle que soit l'étiologie de l'état de choc : hémorragique, septique, anaphylactique),
- les polytraumatisés ou incarcérés avec une instabilité hémodynamique,
- les brûlés graves,
- les patients présentant des troubles de la conscience,
- les patients en détresse respiratoire,
- les états de mal épileptiques,
- les cas d'intoxication médicamenteuse,
- les déshydratations sévères,
- tout autre patient ayant des difficultés d'abord veineux (patient obèse, toxicomane, patient à peau noire...), (82)
- toute situation inhabituelle où l'environnement ne facilite pas la mise en place d'une voie veineuse périphérique : gants de protection, faible luminosité, froid extrême, danger imminent, difficulté d'accès à la victime... comme cela peut être le cas dans une situation de risque nucléaire, radiologique, biologique ou chimique (conditions NRBC) ou lors de secours en milieu périlleux comme le secours en montagne ou en médecine de guerre. (8) (48) (83) (84) (85)

Chez l'enfant, elle est ainsi devenue la voie de référence pour la prise en charge du choc hypovolémique en situation pré-hospitalière. (86) (87) (88)

De plus chez l'adulte, outre les cas d'utilisation d'une voie intra-osseuse lors de la prise en charge de chocs hémorragiques pour l'administration de produits sanguins labiles (23) (46), il a été décrit quatre cas récents d'administration de thrombolytiques par PIO, faisant évoquer une probable extension de l'indication à l'administration de thrombolytiques par VIO dans l'embolie pulmonaire massive ou l'infarctus du myocarde. (89) (90) (91)

Il est toutefois nécessaire de bien souligner que la voie intra-osseuse est une voie d'urgence pour la réanimation en attendant la mise en place d'un autre accès vasculaire dans de bonnes conditions de sécurité.

2. Contre-indications

Les contre-indications absolues à la mise en place d'un cathéter intra-osseux sont :

- Une fracture ou un traumatisme de moins de 48 heures de l'os supposé accueillir le dispositif,
- Une perfusion intra-osseuse datant de moins de 48 heures sur le même os,
- Une inflammation, une infection cutanée ou une brûlure au niveau du site de ponction envisagé,
- Une lésion vasculaire sus-jacente,
- Une prothèse ou du matériel d'ostéosynthèse sur l'os envisagé,
- Une pathologie osseuse comme l'ostéogénèse imparfaite. (92)

D'autres contre-indications plus relatives sont :

- L'inexpérience théorique et pratique de l'opérateur,
- Les difficultés de prise de repères anatomiques concernant le site d'insertion, en cas d'obésité morbide notamment,
- L'ostéoporose.

III. ETUDE PRATIQUE SUR LA MISE EN PLACE DE LA VOIE INTRA-OSSEUSE

A. JUSTIFICATION DE L'ETUDE

Depuis octobre 2009, le Service Mobile d'Urgence et de Réanimation (SMUR) de l'hôpital Necker - Enfants Malades à Paris dispose, dans chacune des cinq unités mobiles hospitalières (UMH) (dont une spécifique à la pédiatrie) et dans les deux véhicules légers, d'un kit intra-osseux composé du dispositif motorisé EZ-IO®. Malgré des séances d'information et de formation du personnel médical et paramédical du service, l'utilisation de la perfusion intra-osseuse (PIO), bien que non évaluée objectivement, semblait peu développée. Or la mise en place en 2010 des nouvelles recommandations internationales chez l'enfant mais aussi chez l'adulte (cf. Chapitre II. A.), devait rendre cette utilisation plus fréquente.

Aujourd'hui peu d'études dont une seule française évaluent l'incidence en médecine pré-hospitalière de l'utilisation de la voie intra-osseuse à la fois chez l'adulte et chez l'enfant. (93) Le SMUR de l'hôpital Necker - Enfants Malades a donc décidé, en 2011, de recenser toutes les interventions conduisant à la pose d'une voie intra-osseuse (VIO). Les informations récupérées permettraient ainsi d'évaluer l'utilisation ainsi que l'efficacité et les modalités pratiques de pose de la VIO en médecine pré-hospitalière dans des populations adulte et pédiatrique.

J'ai réalisé mon semestre d'internat au sein du SMUR Necker, entre novembre 2012 et avril 2013. La pose d'une voie intra-osseuse a été l'un des premiers gestes techniques que j'ai réalisés. L'étude était en place depuis un peu plus d'un an. Intéressée par cette pratique et disposant de résultats issus de l'étude déjà consistants, un travail de thèse sur le sujet a pu être engagé.

B. MATERIEL ET METHODES

1. Type d'étude

Il s'agit d'une étude prospective, descriptive, observationnelle et monocentrique. Elle est conduite depuis le 1^{er} octobre 2011 au SMUR de l'hôpital Necker - Enfants Malades à Paris.

2. Objectifs de l'étude

Cette étude présente plusieurs objectifs. L'objectif principal est d'évaluer l'incidence de l'utilisation de la voie intra-osseuse en pré-hospitalier dans les populations adulte et pédiatrique. Les objectifs secondaires sont l'évaluation de l'application ou non des recommandations d'accès vasculaire en cas d'arrêt cardio-respiratoire ainsi que l'étude des modalités pratiques d'utilisation de la VIO (le taux de réussite et les facteurs pouvant l'influencer, le site d'insertion, l'opérateur réalisant la mise en place, le délai nécessaire, les différentes complications, les traitements administrés, et la durée d'utilisation de la voie).

3. Critères d'inclusion et de non-inclusion

Les critères d'inclusion pour l'étude sont tout patient quel que soit son âge, pris en charge par une équipe médicale du SMUR Necker, pour lequel a été tentée la mise en place d'une voie intra-osseuse depuis le 1^{er} octobre 2011.

Les critères de non-inclusion sont tout patient présentant une contre-indication à la pose de la VIO ou refusant sa mise en place dans le cas des patients conscients.

4. Contraintes réglementaires

L'étude a été mise en place par un comité scientifique composé du Chef de Service, de cinq médecins urgentistes et pédiatres, d'une infirmière anesthésiste diplômée d'Etat et d'une cadre de santé spécialisée du SAMU de Paris de l'hôpital Necker - Enfants Malades.

L'avis favorable d'un comité d'éthique, le Comité d'Ethique du Conseil Français de Réanimation Cardio-Pulmonaire (CFRCP) a été obtenu. L'avis de la Commission Nationale de l'Informatique et des Libertés (CNIL) n'a pas été nécessaire puisqu'il s'agit d'une étude observationnelle, monocentrique, pour laquelle les données des patients ne sont pas diffusées hors du SMUR de l'hôpital Necker - Enfants Malades.

5. Procédure standardisée d'utilisation de la voie intra-osseuse

a) Formation des intervenants à la pose de voie intra-osseuse

Le personnel médical et paramédical du service (médecins, internes et infirmiers anesthésistes diplômés d'Etat ou IADE) bénéficie de formations théorique et pratique à l'utilisation du dispositif motorisé EZ-IO[®]. Ces formations durent environ trente minutes et sont composées d'un rappel des recommandations, des consignes de bonnes pratiques et d'un atelier pratique sur mannequin (kit d'entraînement de Vidacare[®]). Elles sont dispensées par un médecin et un IADE du service à jour des pratiques d'utilisation.

La première formation a eu lieu deux semaines avant la mise en place de l'étude (mi-septembre 2011) ; elles sont depuis réitérées semestriellement notamment à l'occasion des changements des équipes d'IADE. De plus, une feuille rappelant les bonnes pratiques est affichée dans les locaux du service et est disponible dans chaque UMH (cf. Annexe 5). Des rappels réguliers par mails sur l'existence de l'étude sont faits par l'un des médecins du comité scientifique.

b) Disponibilité des dispositifs intra-osseux

Un kit intra-osseux (dispositif motorisé EZ-IO[®] de Vidacare[®]) est disponible dans chacune des cinq UMH (dont une spécifique à la pédiatrie) et dans les deux véhicules légers. Il comprend l'appareil autonome (perceuse EZ-IO Power Drive[®]), des aiguilles de différentes tailles (trois), le matériel nécessaire à l'asepsie, le connecteur spécifique (EZ-Connect[®]), un bracelet de signalisation pour le patient et un questionnaire pour le recueil des données. La fonctionnalité de l'appareil autonome est vérifiée régulièrement.

c) Indications et contre-indications

Il est recommandé au personnel d'utiliser la voie intra-osseuse selon les indications et les contre-indications présentées précédemment (cf. Chapitre II. F.).

6. Recueil des données

Le recueil des données est réalisé par un questionnaire.

Un premier questionnaire « pré-hospitalier » est disponible dans chaque kit intra-osseux. Il doit être rempli rapidement après l'intervention par le médecin responsable participant à l'intervention SMUR au cours de laquelle a été tentée ou réalisée la mise en place d'une voie d'abord intra-osseuse. Ce document est présenté en Annexe 6.

Un second questionnaire « hospitalier » doit être renseigné par la suite par le médecin ou l'interne présent lors de l'intervention pour tous les cas où le patient a été hospitalisé avec son dispositif intra-osseux (DIO) en place. (cf. Annexe 7). Les données sont recueillies après appel téléphonique au service hospitalier ayant pris en charge le patient (entre j2 et j4) ou après récupération des éléments rapportés dans le compte-rendu d'hospitalisation du patient.

Une fois remplis, ces documents sont déposés au secrétariat du service à un emplacement bien défini, dans une armoire fermée.

Après récupération des questionnaires et des fiches habituelles d'intervention SMUR respectivement associées, les données de l'étude sont saisies dans un fichier Excel par l'un des médecins du comité scientifique. Les paramètres intégrés au fichier Excel sont, pour chaque cas :

- la date de l'intervention,
- les « données patients » (âge, sexe, indice de masse corporelle - IMC - estimé),
- l'indication de l'abord vasculaire (arrêt cardio-vasculaire ou autre),
- les paramètres cliniques lorsqu'il ne s'agit pas d'un ACR (pressions artérielles systolique et diastolique, fréquence cardiaque, score de Glasgow, saturation en oxygène),
- l'évolution du patient (hospitalisation ou décès),
- les facteurs de risque de difficulté d'abord vasculaire (81) (94) (95) (96) :
 - l'âge (inférieur ou égal à 2 ans ou supérieur à 80 ans),
 - le poids (IMC inférieur à 18,5 ou supérieur ou égal à 30),
 - le capital veineux altéré (chimiothérapie, toxicologie intra-veineuse, dialyse),
 - une hypotension artérielle définie par une pression artérielle systolique (PAS) inférieure à 90 mmHg (incluant de manière systématique tous les patients en ACR),
 - les polytraumatismes,

- les brûlures,
- l'« agitation »,
- l'environnement.
- la description de toutes les tentatives d'accès vasculaire :
 - l'indication et le rang des différentes voies d'abord,
 - les différentes tentatives avec le site, l'opérateur, la réussite ou non et la cause de l'échec,
 - le délai avant la décision de mettre en place la PIO, en minutes,
 - le délai spécifique à la mise en place de la VIO, en minutes,
 - la réalisation ou non d'une analgésie,
 - la présence ou non de complications pré-hospitalières et si oui, leur type,
 - l'administration ou non d'un traitement par VIO (remplissage, catécholamines, anesthésiques ou autres),
 - la durée d'utilisation de la VIO,
 - le lieu de retrait de la VIO (sur place par l'équipe pré-hospitalière ou à l'hôpital),
 - la présence ou non de complications hospitalières et si oui leur type.

7. Analyse statistique

L'analyse statistique des données est réalisée à partir du fichier Excel et au moyen du logiciel SAS 9.3. Les résultats sont exprimés en nombre et pourcentage pour les variables qualitatives. Pour les variables quantitatives, elles sont exprimées en moyenne \pm écart-type lorsque leur distribution est normale ou en médiane et percentiles (25^{ième} et 75^{ième}) dans le cas contraire. Cette analyse est réalisée pour la population totale, pour la sous-population pédiatrique, les patients en ACR et les patients pour lesquels l'indication n'est pas l'ACR.

Une analyse univariée est utilisée pour rechercher les facteurs significativement associés à une réussite de pose de la VIO par test du Chi2 ou test de Fisher. Un $p < 0,05$ est considéré comme significatif.

C. RÉSULTATS

1. Résultats relatifs à l'ensemble de la population

a) Répartition temporelle de la population

Les données de l'étude ont été recueillies du 1^{er} octobre 2011 au 30 avril 2014. Sur cette période, **44 patients (37 adultes et 7 enfants), ayant bénéficié d'une perfusion intra-osseuse ont été recensés**. Leur répartition temporelle est représentée sur la Figure 21. Pour trois cas (6,8%), nous ne disposons pas de la date exacte de l'intervention.

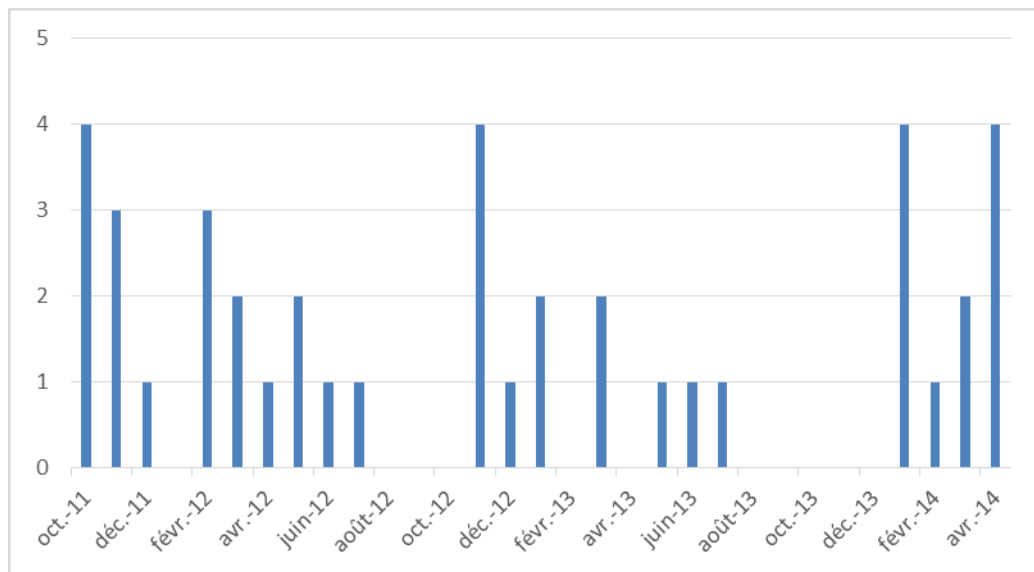


Figure 21 : Répartition temporelle de la population

b) Caractéristiques démographiques et cliniques de la population

Les patients étaient âgés de 0 à 88 ans avec une médiane à 54 ans (30 – 70). Ils se répartissaient entre 37 adultes (de 20 à 88 ans avec une médiane de 56 ans) et 7 enfants (de 0 à 2 ans avec une médiane de 0,5 ans). Il n'y avait aucun patient d'âge compris entre 2 et 18 ans.

Vingt-sept patients étaient des hommes (67,5%).

L'ensemble de la population présentait un indice de masse corporelle (IMC) compris entre 14 et 62 avec une valeur médiane de 25 (22 – 31).

Les indications cliniques de l'abord vasculaire étaient au nombre de quatre : arrêt cardio-respiratoire (ACR), état de choc, brûlures et convulsions.

Huit facteurs de risque pouvant rendre difficile l'abord vasculaire ont été retrouvés. Plusieurs de ces facteurs de risque pouvaient être présents chez un même patient.

L'évolution des patients se répartissait entre l'hospitalisation pour 21 d'entre eux et le décès lors de la prise en charge pré-hospitalière pour 23 patients.

Toutes ces caractéristiques sont détaillées dans le Tableau 1.

	Population totale (n=44)	Adultes (n=37)	Pédiatrie (n=7)
Age , années, médiane (25° - 75° percentile) ¹	54 (30 – 70)	56	0,5
Sexe , n, M / F ¹	27 / 13		
IMC , médiane (25° - 75° percentile) ²	25 (22 – 31)		
Indication d'abord vasculaire, n			
Arrêt cardio-respiratoire (ACR)	33	30	3
Etat de choc	8	5	3
Brûlures	2	1	1
Convulsions	1	1	0
Facteurs de risque de difficulté d'abord vasculaire, n			
Age extrême (≤ 2 ans et > 80 ans) ¹	11 (7 et 4)		
Poids (IMC $< 18,5$ et ≥ 30) ²	11 (1 et 10)		
Altération du capital veineux ¹	2		
Risque d'hypovolémie (dont PAS < 90 mmHg) ¹	41		
Polytraumatisme	12		
Brûlures	2		
Agitation ¹	1		
Environnement ¹	5		
Evolution, n			
Hospitalisation	21	15	6
Décès lors de la prise en charge pré-hospitalière	23	22	1

¹ données manquantes inférieures à 10%

² 11,4% de données manquantes

Tableau 1 : Caractéristiques démographiques et cliniques de la population

c) Abord intra-osseux

i. Délai et rang de mise en place de la voie intra-osseuse par rapport aux autres voies d'abord

Pour l'ensemble des 44 cas, jusqu'à six tentatives ont été nécessaires avant d'obtenir un accès vasculaire. Trois voies d'abord distinctes ont pu être tentées : la voie veineuse périphérique (VVP), la voie jugulaire externe (VJE) et la voie intra-osseuse (VIO).

La durée des tentatives d'abord vasculaire avant la décision de mise en place de la voie intra-osseuse s'étendait de 0 à 20 minutes avec une médiane de 2 minutes (0 – 4).

La mise en place de la voie intra-osseuse est intervenue à différents stades de cette recherche d'abord vasculaire selon les cas (entre une et six tentatives). Pour 19 patients (43,2%), la VIO a été tentée en première intention. La médiane de ce rang était de 2 (1 - 3). Le détail est présenté dans le Tableau 2.

	Population totale	ACR (n=33)		Non ACR (n=11)	
	n (%)	Adultes (n=30)	Pédiatrie (n=3)	Adultes (n=7)	Pédiatrie (n=4)
Rang 1	19 (43,2)	13	2	1	3
Rang 2	11 (25,0)	8	0	3	0
Rang 3	9 (20,5)	8	0	0	1
Rang 4	2 (4,5)	1	0	1	0
Rang 5	1 (2,3)	0	1	0	0
Rang 6	2 (4,5)	0	0	2	0

Tableau 2 : Rang de mise en place de la VIO

ii. Caractéristiques de la mise en place des voies intra-osseuses

Deux sites d'abord ont été utilisés : le tibial proximal pour la grande majorité des patients (43 sur 44 soit 97,7%) et l'huméral dans 1 cas (2,3%). Le site huméral a été utilisé lors d'un état de choc chez une jeune femme de 22 ans polytraumatisée aux membres inférieurs ; la mise en place de la VIO a échoué, mais une voie jugulaire externe et un cathéter central ont été placés de manière concomitante.

Les opérateurs étaient soit des médecins, médecins d'adultes ou pédiatres, soit des infirmiers anesthésistes (IADE), soit des internes en stage dans le service.

Le délai spécifique à la pose de la perfusion intra-osseuse était compris entre 1 et 17 minutes, avec une médiane de 4 minutes (3 – 6).

Deux patients ont bénéficié d'une analgésie, représentant 4,9% de la population totale, 25% des patients qui n'étaient pas en ACR et 50% des patients conscients. Ces 2 patients présentaient un état de choc mais étaient conscients, avec un score de Glasgow à 15. Pour l'un, l'analgésie a consisté en une injection sous-cutanée de produit anesthésiant. Pour le second, il s'agissait d'une injection de 20 mg de lidocaïne par la voie intra-osseuse.

Le taux de réussite à la première tentative de mise en place de la voie intra-osseuse était de 86,4%.

Au total, 41 patients (35 adultes et 6 enfants) ont pu bénéficier d'une voie intra-osseuse fonctionnelle (93,2%).

Les causes d'échec de pose de VIO retrouvées étaient de trois ordres :

- liés à la mise en place ou retrait de l'aiguille (4 cas : aiguille trop courte, torsion de l'aiguille ou impossibilité de désolidariser l'aiguille),
- liés à un problème d'extravasation immédiate (2 cas),
- et liés à une perfusion non fonctionnelle (1 cas).

Ces caractéristiques sont regroupées et détaillées dans la Figure 22.

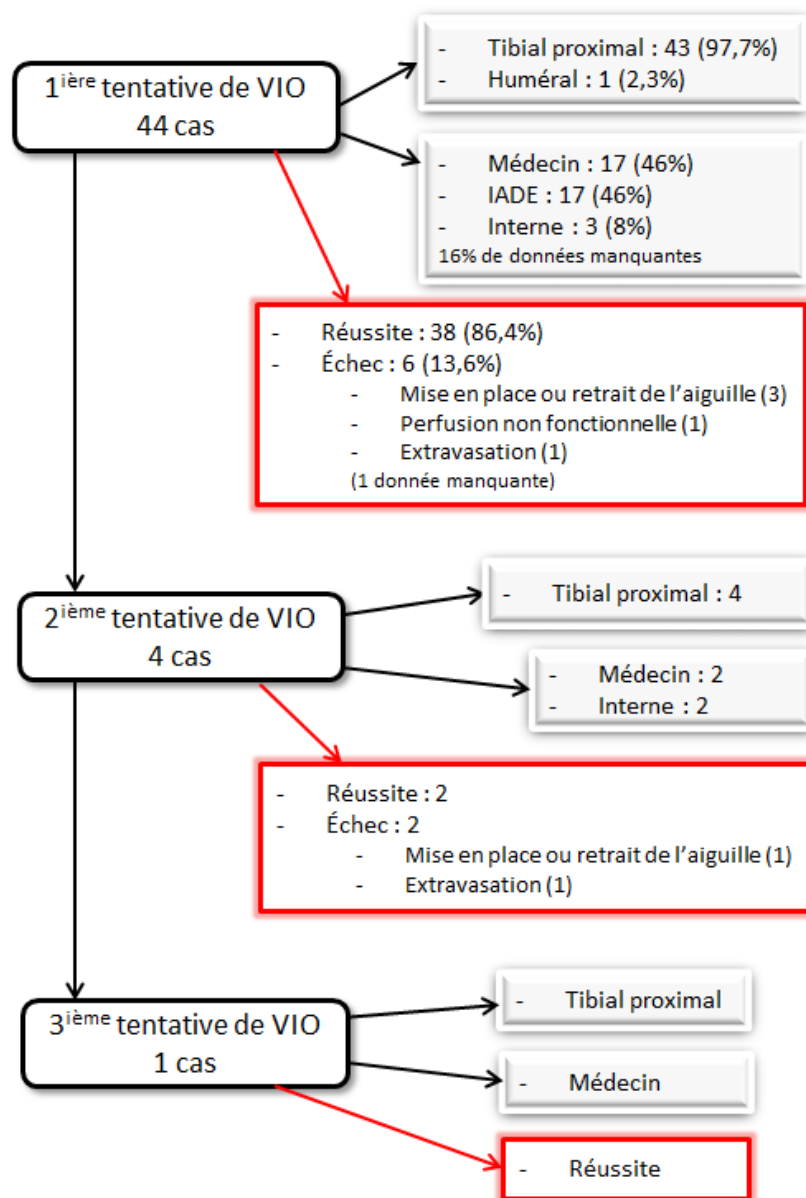
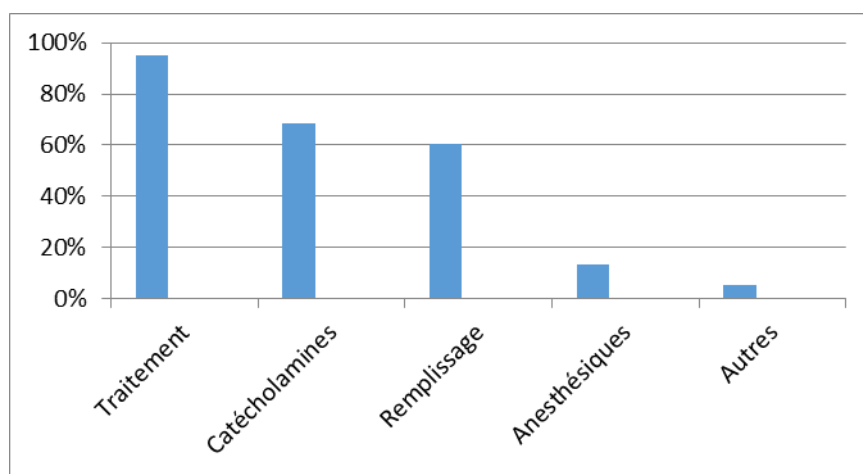


Figure 22 : Logigramme détaillant les caractéristiques des tentatives successives de pose de VIO

iii. Traitements administrés par la perfusion intra-osseuse

Trente-sept patients (94,9%) sur les 41 ayant une PIO fonctionnelle ont reçu au moins un traitement par la voie intra-osseuse. Les thérapeutiques administrées étaient majoritairement des catécholamines (adrénaline), des solutés de remplissage, des produits anesthésiques. Deux patients ont reçu un antiépileptique ou des produits sanguins labiles.

Les résultats sont présentés dans l'histogramme suivant (cf. Figure 23).



Données manquantes inférieures à 10%

Figure 23 : Répartition des différents traitements administrés par VIO

Aucun prélèvement n'a été réalisé.

iv. Complications pré-hospitalières et hospitalières

Sur les 41 patients ayant bénéficié d'une VIO fonctionnelle, quatre (9,8%) ont présenté une complication pré-hospitalière.

Sur les 15 patients étant arrivés à l'hôpital avec leur dispositif intra-osseux, 2 (15,4%) ont présenté une complication hospitalière.

Dans tous les cas, il s'agissait de complications mineures de type extravasation sous-cutanée ou déperfusion accidentelle. Aucune autre complication n'a été rapportée.

Ces résultats sont détaillés dans le Tableau 3.

	Population totale (n=44)	Adultes (n=37)	Pédiatrie (n=7)
Patients avec une PIO fonctionnelle , n	41	35	6
Complications pré-hospitalières , n (%)	4 (9,8)	1	3
Déperfusion accidentelle	3	1	2
Extravasation	1	0	1
Patients hospitalisés avec leur DIO , n	15	13	2
Complications hospitalières *, n (%)	2 (15,4)	2	0
Déperfusion accidentelle	1	1	
Extravasation	1	1	

* 13,3% de données manquantes

Tableau 3 : Complications pré-hospitalières et hospitalières rapportées

v. Durée d'utilisation et lieu de retrait de la voie intra-osseuse

Pour les 41 patients ayant bénéficié d'une VIO fonctionnelle, les durées d'utilisation des voies intra-osseuses s'étaient de 3 minutes à 18 heures. La médiane était de 30 minutes (20 – 70).

Le lieu de retrait, sur place ou à l'hôpital, était majoritairement dépendant de leur évolution :

- Pour les 22 patients décédés sur place, la VIO a été retirée sur place par l'équipe pré-hospitalière.
- Concernant les 19 patients hospitalisés, 15 ont vu leur dispositif intra-osseux retiré à l'hôpital. Parmi les 4 autres, 1 a finalement pu bénéficier d'une VVP permettant le retrait rapide de la VIO, 2 se sont déperfusés accidentellement avant l'arrivée à l'hôpital et une VIO a été retirée pendant la prise en charge pré-hospitalière suite à une extravasation.

2. Description spécifique de trois sous-populations

a) Population pédiatrique

Sept enfants entre 0 et 2 ans (médiane de 0,5 ans) ont été inclus dans notre étude. Trois présentaient un ACR, 3 un état de choc et 1 des brûlures.

La durée des tentatives d'accès vasculaire avant la décision de mettre en place une VIO présentait une médiane nulle. Six enfants ont pu bénéficier d'une PIO fonctionnelle (85,7%).

Les caractéristiques liées à l'utilisation de la VIO sont détaillées dans la Figure 24.

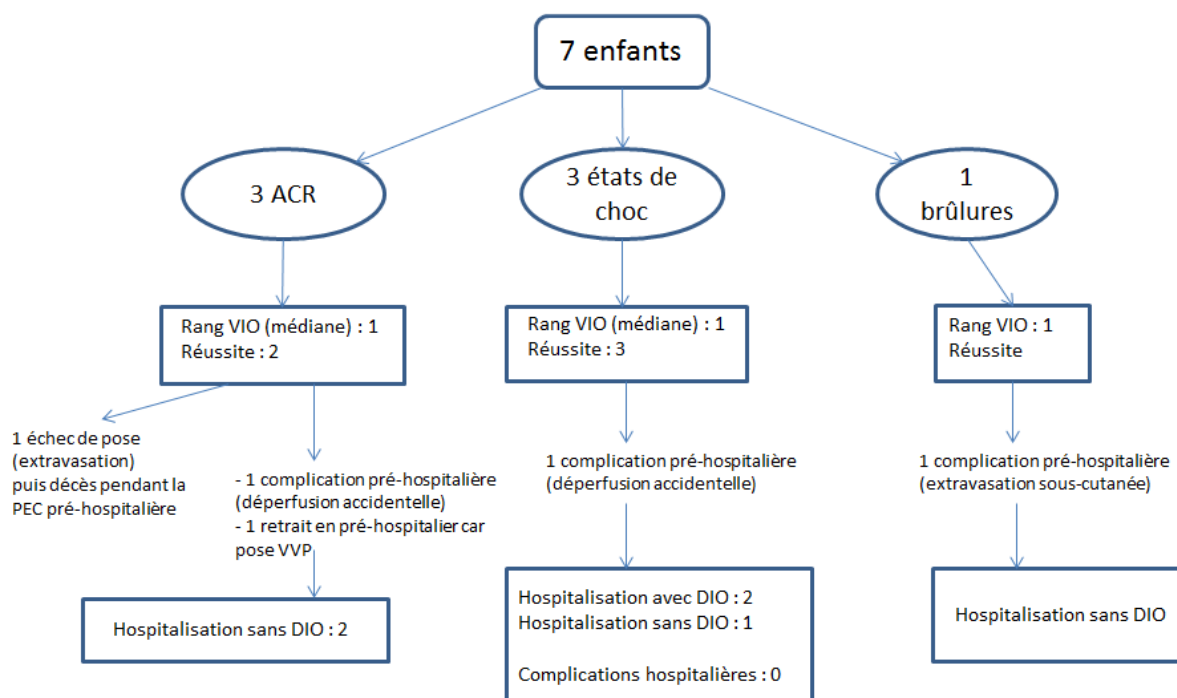


Figure 24 : Principales caractéristiques de l'utilisation de la VIO dans la population pédiatrique

b) Population des patients en arrêt cardio-respiratoire

Les trois-quarts des patients de notre étude (33 cas) nécessitaient la mise en place d'un abord vasculaire dans le cadre de la prise en charge d'un ACR.

Ils se répartissaient entre 30 adultes (90,9%) et 3 enfants (9,1%).

Les caractéristiques de cette sous-population sont présentées dans le Tableau 4 et la Figure 25.

	Population ACR (n=33)	Adultes (n=30)	Pédiatrie (n=3)
Age , années, médiane (25° - 75° percentile)	55 (42 – 70)	56	0,3
Sexe , n, M / F	24 / 9		
IMC , médiane (25° - 75° percentile) *	26 (23 – 31)		
Durée des tentatives d'accès vasculaire avant essai de VIO , minutes, médiane (25° - 75° percentile) *			
	1 (0 – 3)	1	0
Rang de mise en place de la VIO , médiane (25° - 75° percentile)	2 (1 – 3)	2	1
PIO fonctionnelle , n	32	30	2
Traitements administrés par VIO , n	30	28	2
Catécholamines	26	25	1
Remplissage	17	15	2
Autres	2	2	0
Complications pré-hospitalières , n (%)	2 (6,2)	1	1
Evolution , n			
Décès durant prise en charge hospitalière	23	22	1
Hospitalisation (et avec DIO), n	10 (8)	8 (8)	2 (0)
Complications hospitalières , n	0	0	0

* Données manquantes inférieures à 10%

Tableau 4 : Caractéristiques de la population de patients en ACR

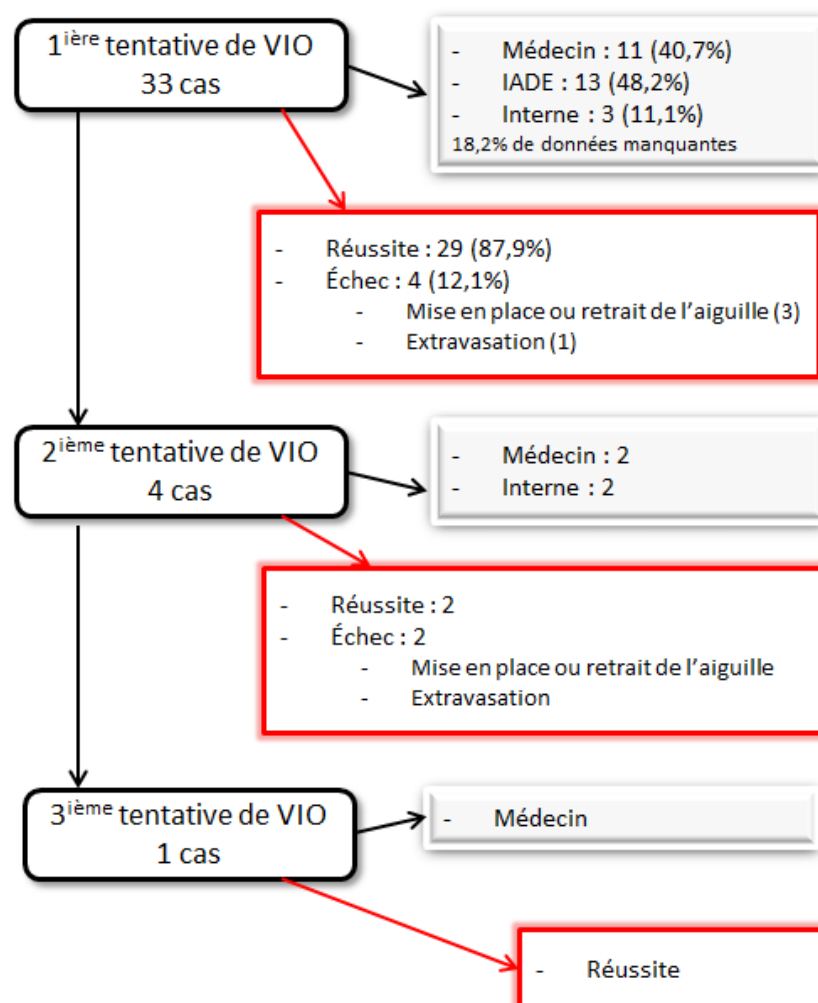


Figure 25 : Logigramme détaillant les caractéristiques des tentatives successives de pose de VIO dans la population de patients en ACR

c) Population des patients sans arrêt cardio-respiratoire

Onze patients (25%) nécessitaient un abord vasculaire pour une indication autre que l'ACR. Ils se répartissaient entre 7 adultes et 4 enfants.

Les indications étaient un état de choc (8 cas), des brûlures (2 cas) et des convulsions (1 cas). Quatre d'entre eux étaient conscients avec un score de Glasgow (GCS) à 15. Ces 4 cas sont détaillés dans le paragraphe suivant (cf. Chapitre III. C. 2. c) i.).

La Figure 26 détaille ces 11 cas.

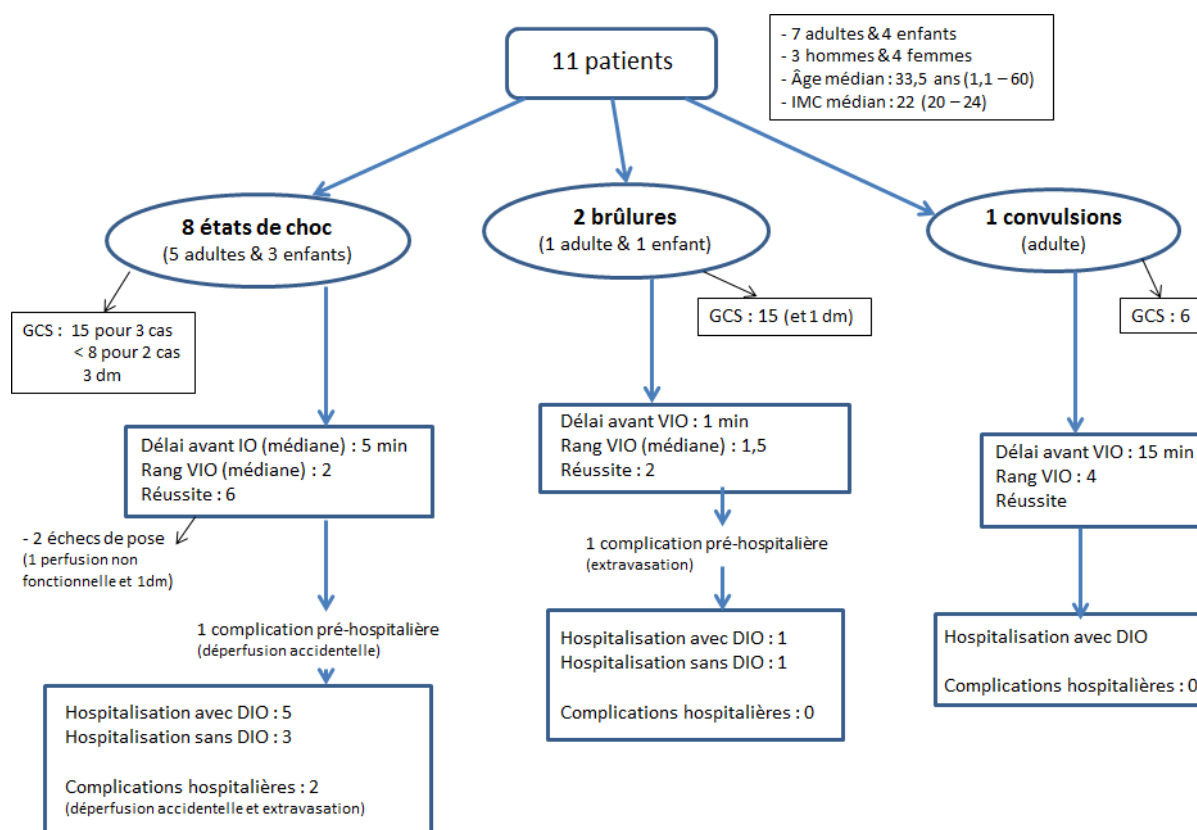


Figure 26 : Principales caractéristiques de l'utilisation de la VIO dans la population de patients sans ACR

Pour chacun des cas, une seule tentative de pose de voie intra-osseuse a été nécessaire. Neuf d'entre eux (81,8%) ont eu une PIO fonctionnelle (pour les 2 patients pour lesquels cela n'a pas été le cas, un autre accès vasculaire a pu être mis en place, VVP ou VJE). Tous ont été hospitalisés, dont sept avec leur DIO.

i. Patients conscients

Quatre patients présentaient un score de Glasgow à 15 lors de leur prise en charge pré-hospitalière.

- Le premier était une femme de 88 ans présentant un état de choc, pour laquelle 3 VVP et 2 VJE avaient été tentées durant vingt minutes sans résultat. Une analgésie sous-cutanée a été réalisée avant la mise en place du dispositif intra-osseux. La VIO a

permis d'effectuer un remplissage en pré-hospitalier. Elle a été utilisée durant 18 heures avant qu'il ne soit constaté une déperfusion accidentelle à l'hôpital.

- Le deuxième était un homme de 53 ans. Une voie d'abord était indiquée devant des brûlures étendues. Après deux minutes de tentatives de mise en place de VVP, la perfusion intra-osseuse a été installée sans anesthésie. Elle a permis l'administration de solutés de remplissage et d'anesthésiques. Sa durée d'utilisation a été de 3 heures sans complication.
- Le troisième était une femme de 45 ans, polytraumatisée suite à une défenestration, en état de choc. Après quatre minutes de tentatives de mise en place de VVP, la PIO a été installée sans anesthésie. Elle a permis l'administration de solutés de remplissage et d'anesthésiques.
- Le quatrième patient conscient était un homme de 85 ans en état de choc suite à une hémorragie digestive. Après 5 tentatives infructueuses de VVP, la PIO a été mise en place avec une anesthésie par lidocaïne 20 mg injectée avant la création de la loge de diffusion. Cette voie a permis d'administrer des solutés de remplissage. Après 2 heures, une extravasation sous-cutanée a été constatée à l'hôpital et le dispositif a été retiré.

ii. Voie intra-osseuse décidée dès le début de la prise en charge

Pour 4 patients sans ACR, la mise en place de la voie intra-osseuse a été réalisée en première intention, sans tentative autre d'abord vasculaire. Il s'agissait d'états de choc chez des enfants de 4 et 6 mois, de brûlures chez un enfant d'1 an et d'un état de choc suite à une défenestration chez une jeune femme de 22 ans. Pour cette dernière, parallèlement à la tentative (échouée) de mise en place d'une VIO en localisation humérale (fractures ouvertes des deux jambes), ont été tentées et réussies les mises en place d'une voie jugulaire externe et d'un cathéter central.

3. Analyses statistiques complémentaires

a) Population pédiatrique et réussite de pose de la voie intra-osseuse à la 1^{ère} tentative

Le taux de réussite de pose de la VIO ne différait pas statistiquement entre les populations pédiatrique et adulte (85,7 vs 88,9% respectivement ; $p = 1,00$).

b) Lien entre facteurs de risque de difficultés d'abord vasculaire et réussite de pose de la voie intra-osseuse à la 1^{ère} tentative

Une analyse univariée du taux de réussite de pose de VIO à la 1^{ère} tentative a été réalisée pour chaque facteur de risque de difficultés d'abord vasculaire. Les résultats sont présentés dans le Tableau 5.

	Taux de réussite de la pose de VIO		p
	Sans présence du FdR*	Avec présence du FdR*	
Age (≤ 2 ans ou > 80 ans) ¹	87,5%	90,9%	1,00
IMC ($< 18,5$ ou ≥ 30) ²	89,3%	81,8%	0,61
Altération du capital veineux ¹	84,6%	100%	1,00
Hypovolémie ¹	100%	85,4%	1,00
Polytraumatisme	90,6%	75,0%	0,32
Brûlures	85,7%	100%	1,00
Agitation ¹	85,0%	100%	1,00
Environnement ¹	83,3%	100%	1,00

* FdR : facteur de risque

¹ données manquantes inférieures à 10%

² 11,4% de données manquantes

Tableau 5 : Lien entre facteurs de risque de difficultés d'abord vasculaire et réussite de pose de la VIO à la 1^{ère} tentative

c) Taux de réussite de la mise en place de voie intra-osseuse en fonction de l'opérateur

La première tentative de mise en place de la voie intra-osseuse a été réalisée par des médecins chez 17 patients, par des infirmiers anesthésistes chez 17 patients et par un interne chez 3 patients. Pour 7 patients, le type d'opérateur est manquant. Les taux de réussite obtenus ne différaient pas significativement entre les infirmiers anesthésistes et les médecins (88,2% vs 82,4% respectivement ; $p = 1,00$).

D. DISCUSSION

1. Résumé des principaux résultats de l'étude

Notre étude a permis de recenser **44 cas (37 adultes et 7 enfants)** de pose de voie intra-osseuse sur une période de **31 mois**.

Les indications nécessitant la mise en place de la VIO étaient :

- **L'arrêt cardio-respiratoire (33 cas soit 75% dont 30 adultes et 3 enfants),**
- **L'état de choc (8 cas soit 18,2% dont 5 adultes et 3 enfants),**
- **Les brûlures (2 cas soit 4,5% dont 1 adulte et 1 enfant),**
- **Les convulsions (1 adulte soit 2,3%).**

Dans la sous-population pédiatrique, les indications se répartissaient de manière plus homogène entre l'ACR (3 cas) et les autres indications non ACR (4 cas).

Parmi les patients ne présentant pas d'ACR, 4 étaient conscients, avec un score de Glasgow à 15. Sur ces 4 patients adultes, 2 ont bénéficié d'une analgésie lors de la mise en place de la perfusion intra-osseuse (analgésie sous-cutanée ou anesthésie par lidocaïne 20 mg injectée par PIO) ; pour aucun des 4 patients il n'a été rapporté de comportement en lien avec une possible sensation douloureuse.

La durée des tentatives d'accès vasculaire avant la décision de mettre en place une VIO avait une médiane de 2 minutes (0 – 4). Dans la sous-population de patients en ACR cette médiane était de 1 minute ; elle était nulle dans la sous-population pédiatrique.

Dans 68,2% de la population totale et 69,7% de la sous-population de patients en ACR, la VIO intervenait au maximum en 2^{ème} intention dans la tentative d'abord vasculaire. Cinq patients pédiatriques (71,4%) ont reçu une PIO en 1^{ère} intention.

Pour 4 patients ne présentant pas d'ACR la mise en place de la voie intra-osseuse a été décidée dès le début de la prise en charge (en 1^{ière} intention) ; 3 étaient des enfants entre 0 et 6 mois en état de choc ou brûlés et la dernière était une jeune fille de 22 ans, polytraumatisée, en état de choc, avec un accès délicat au lieu d'intervention.

Le taux de réussite à la 1^{ière} tentative était de 86,4% et 41 patients (35 adultes et 6 enfants) ont pu bénéficier d'une VIO fonctionnelle (93,2%).

Quatre complications pré-hospitalières ont été retrouvées (3 déperfusionnements accidentelles et 1 extravasation sous-cutanée).

Parmi les 15 patients hospitalisés avec leur dispositif intra-osseux, 2 patients ont présenté une complication hospitalière (déperfusionnement accidentelle ou extravasation sous-cutanée).

Aucune complication majeure, pré-hospitalière ou hospitalière n'a été observée.

2. Application des recommandations

a) Arrêt cardio-respiratoire

Actuellement, la seule vraie recommandation d'utilisation de la voie intra-osseuse aussi bien chez l'adulte que chez l'enfant, concerne la prise en charge de l'arrêt cardio-respiratoire. On rappelle que :

- Chez l'adulte, elle est placée au même rang de priorité que la voie veineuse et est indiquée dès que l'abord vasculaire veineux n'est pas facilement ou rapidement accessible.
- En pédiatrie, elle est l'accès vasculaire de premier choix.

Les résultats de notre étude montrent que l'ACR représente l'indication la plus fréquente de mise en place de VIO pour l'ensemble de notre population (75% vs 25% pour les autres indications). Les études antérieures retrouvent des proportions similaires. (53) (77) (93) (97)

i. Population adulte

Dans notre sous-population adulte, 81,1% présentaient un ACR. Cela concernait des patients présentant un âge médian légèrement supérieur à celui de l'ensemble de la population (55 vs 54 ans respectivement) et nettement supérieur à celui des patients ayant bénéficié d'une

VIO pour une autre indication (33,5 ans) ; la majorité était de sexe masculin (72,7% vs 67,5% dans l'ensemble de la population) ; ils présentaient un indice de masse corporelle médian de 26 (versus 25 pour l'ensemble de la population).

L'ACR était donc, dans notre étude, la principale indication de mise en place de voie intra-osseuse chez l'adulte. Pour 70% de ces patients adultes en ACR, la VIO intervenait au maximum en 2^{ème} intention dans la tentative d'abord vasculaire. Au vu des recommandations, ce délai semble un peu long puisque presque un tiers des patients adultes en ACR aura au moins 3 tentatives d'abord vasculaire.

D'autre part, les données de notre étude ne sont pas suffisantes pour déterminer si les recommandations de 2010 sont bien appliquées au sein du SMUR Necker. En effet, il n'est pas possible de déterminer si une VIO a bien été posée pour tous les cas où l'abord veineux était difficile ou impossible. De plus, sur la période étudiée (du 1^{er} octobre 2010 au 30 avril 2014), l'Institut National de la Santé Et de la Recherche Médicale (INSERM) a recensé 1036 cas d'ACR chez des patients de plus de 18 ans pris en charge par le SMUR Necker. Une pose de VIO n'aurait donc été réalisée que dans 2,9% des cas. Or, les études rapportent des taux d'échec de mise en place de voie veineuse périphérique en situation pré-hospitalière élevé (de l'ordre de 10% mais pouvant atteindre 26% à la première tentative). (51) (81) (98) (99) L'ensemble de ces chiffres fait ainsi évoquer une sous-utilisation probable de la voie intra-osseuse lors de la prise en charge de patients adultes en ACR par le SMUR Necker. Cette faible utilisation est également rapportée dans la littérature. (44) (64)

ii. Population pédiatrique

Notre population pédiatrique était faible, 7 enfants seulement dont 3 en arrêt cardio-respiratoire. Néanmoins le ratio adulte / pédiatrie est comparable à celui d'autres études pré-hospitalières. (53) (64) (93) L'ACR est retrouvé comme l'une des principales indications à la mise en place d'une perfusion intra-osseuse chez les enfants (42,9% de l'ensemble des indications). Pour deux d'entre eux (66,7%) la VIO a été placée en 1^{ère} intention conformément aux recommandations. Cependant, nos données ne sont, là encore, pas suffisantes pour déterminer si les recommandations pédiatriques de prise en charge de l'arrêt cardio-respiratoire ont bien été appliquées car l'ensemble des ACR pédiatriques sur la période n'a pas été étudié. De plus, notre effectif est très faible.

b) Autres indications

Dans notre étude, la VIO a également été utilisée pour des indications autres que l'ACR, chez l'enfant surtout (4 cas sur 7 soit 57,1%) mais aussi chez l'adulte (18,9%). En pédiatrie les recommandations sont plus anciennes (2005) et les indications de recours à la VIO plus larges. (100) Chez l'adulte, par extension des recommandations sur l'ACR, la voie intra-osseuse peut être utilisée pour toutes situations d'urgence vitale, comprenant bien sûr les états de choc, les convulsions et les brûlures. (cf.Chapitre II. F. 1.)

De plus, ces indications autres que l'ACR ont permis d'avoir des données sur des patients adultes conscients et notamment en terme de douleur. En effet, peu d'études fournissant des éléments sur ce sujet existent actuellement. (43) (63) (64) (cf. Chapitre III. D. 3. c))

3. Modalités pratiques d'utilisation de la voie intra-osseuse

a) Réussite et facteurs influençant cette réussite

i. Taux de réussite et échecs de pose

Les taux de succès à la mise en place de la voie intra-osseuse dans notre étude avec le dispositif EZ-IO® étaient de 86,4% à la 1^{ière} tentative et 90,9% à la 2^{ième}. Ces taux étaient superposables dans la sous-population des patients en ACR (87,9% dès la 1^{ière} tentative) et en pédiatrie (85,7%).

La littérature retrouve, avec ce même dispositif, des taux comparables, entre 85% et 97%. (64) (80) Santos et col. en 2013, dans une analyse des 30 dernières études utilisant EZ-IO®, rapporte un taux moyen de 91%. (53) Concernant plus spécifiquement les études pré-hospitalières, Gazin et col. en 2011 présente 84% de succès à la première tentative et 97% à la seconde. (93)

Nos échecs de pose sont de deux ordres : liés à la mise en place ou au retrait de l'aiguille ou à un problème d'extravasation sous-cutanée précoce. Dans la littérature ces 10% d'échecs de pose sont principalement attribués, outre les dysfonctionnements de la perceuse (1,5%), à un manque de formation ou d'expérience des opérateurs, entraînant une mauvaise prise des repères ou une mauvaise manipulation du dispositif. (43) (64) (101) Un manque d'expérience ou de formation pourrait être compatible avec nos échecs de pose.

ii. Site d'insertion

Dans notre étude, une seule voie intra-osseuse a été placée en localisation humérale du fait de la situation clinique de la patiente (fracture des deux jambes). Lors des formations, il était préconisé d'utiliser si possible le site tibial proximal, les repères anatomiques étant plus faciles et la localisation moins exposée au risque de déperfusion durant le transport pré-hospitalier. La plupart des études rapportent également des utilisations du dispositif EZ-IO[®] essentiellement en localisation tibiale proximale. (53) (64)

De plus, cette mise en place unique en position humérale a abouti à un échec de pose, ce qui est en accord avec les données de la littérature rapportant un taux d'échec plus élevé qu'en position tibiale. (102)

iii. Opérateurs

Comme pour tout geste médical en pré-hospitalier, l'opérateur est soit le médecin responsable de l'intervention, soit l'IADE présent, soit l'interne en médecine en formation dans le service. Pour notre étude, tous ont reçu la même formation. Contrairement à la mise en place d'une VVP pour laquelle l'opération est majoritairement réalisée par des IADE (73% vs 14% de médecins dans notre étude), la première tentative de mise en place de VIO est réalisée en proportions égales par des médecins ou des IADE. Les données concernant cette répartition dans la littérature sont peu nombreuses et sont surtout fonction des pratiques de chaque pays. En effet, dans la plupart des études européennes, l'insertion est majoritairement réalisée par des médecins, alors que dans les études américaines, il s'agit surtout du personnel paramédical. (53) (63) Cela s'explique par le fait qu'actuellement en France, la mise en place d'une VIO n'est pas un geste répertorié et ne fait donc pas partie des actes formellement autorisés par le Code de la Santé Publique aux infirmiers (article R4311-5) ou aux infirmiers anesthésistes (article R4311-12). Néanmoins, considérant l'expérience probante chez le personnel paramédical anglo-saxon, les IADE du SMUR Necker pouvaient réaliser le geste s'ils le souhaitaient, sous la responsabilité du médecin référent de l'intervention.

Les taux de réussite retrouvés lors de notre étude, bien que non significativement différents, étaient légèrement supérieurs pour les IADE que pour les médecins (88,2% et 82,4% respectivement). D'autres études soulignent cette supériorité. (77)

iv. Facteurs de risque de difficulté d'abord vasculaire

Des difficultés d'abord vasculaire et notamment veineux ont été décrites dans les situations d'urgence. Il s'agit de difficultés liées :

- soit au patient : âges extrêmes (inférieur ou égal à 2 ans ou supérieur à 80 ans), poids (IMC inférieur à 18,5 ou supérieur ou égal à 30), altération du capital veineux (chimiothérapie, dialyse, lymphoedème, toxicomanie intra-veineuse),
- soit à la pathologie : polytraumatisme, risques d'hypovolémie (hémorragie externe, hypotension avec une pression artérielle systolique inférieure à 90 mmHg, déshydratation, état de choc hypovolémique), brûlures, agitation,
- soit à l'environnement : étroitesse des locaux, faible luminosité, conditions de risque NRBC.

Nous avons réalisé des analyses univariées pour déterminer si ces facteurs de risques relevés (âge, IMC, altération du capital veineux, hypovolémie, polytraumatisme, brûlures, agitation et environnement) pouvaient ou non être associés à la réussite ou à l'échec de la mise en place d'une voie intra-osseuse. Pour aucun de ces facteurs il n'a été retrouvé de différence statistiquement significative (définie par $p < 0,05$). Seulement pour les polytraumatisés, une différence pourrait être notable : le taux de réussite est de 90,6% en l'absence de polytraumatisme versus 75,0% chez les traumatisés ($p = 0,32$). Néanmoins, comme pour les autres facteurs, il n'est pas possible de conclure qu'il n'existe effectivement pas de différence concernant les taux de réussite de pose de VIO en lien avec la présence ou non d'un facteur de risque de difficultés d'abord vasculaire ou s'il s'agit simplement d'un manque de puissance du test, les effectifs étant particulièrement faibles.

Il n'existe pas dans les études antérieures d'analyse de ce type.

v. Population pédiatrique

L'analyse statistique par test du Chi2 puis par test de Fisher ne permet pas de conclure sur une différence ou non des taux de réussite de pose de VIO entre une population pédiatrique et une population strictement adulte (respectivement 85,7% et 88,9%, $p = 1,00$). p étant supérieur à 0,05, soit il n'existe réellement pas de différence, soit l'effectif est trop faible, engendrant un manque de puissance du test.

Aucune étude ne compare les taux de réussite en fonction de l'âge de la population. Les études strictement pédiatriques retrouvent toutefois des taux de réussite comparables à ceux obtenus dans les populations adultes allant de 80% à 95%. (53) (103)

b) Délais de mise en place d'une voie intra-osseuse

En situation d'urgence, les délais pour établir une voie veineuse périphérique peuvent varier de 1,5 à plus de 10 minutes. (99) Concernant la voie intra-osseuse, la majorité des études s'accorde sur des délais de mise en place très courts, de l'ordre de quelques dizaines de secondes notamment avec l'utilisation du dispositif motorisé EZ-IO[®], inférieurs aux délais de pose d'une VVP ou d'une voie veineuse centrale (VVC). (10) (43) (80) (83)

Dans notre étude, tout comme pour les délais avant la décision de mettre en place la PIO, ceux nécessaires à la pose elle-même ont été renseignés en minutes. Ceci s'explique par le fait qu'en conditions réelles d'intervention pré-hospitalière il est difficile de chronométrer de manière précise ces temps. Les données de la littérature concernant des études en conditions réelles pré-hospitalières ou dans des services d'urgence sont rares. En 2000, une étude pré-hospitalière pédiatrique retrouvait des délais moyens pour un accès intra-osseux réussi de 8 minutes. (76) En 2010, Leidel et col. dans une étude réalisée dans un service d'urgence adulte rapporte des délais de 1,8 minutes ($\pm 0,9$) avec le dispositif EZ-IO[®]. (80) Enfin en 2013, Torres et col., dans une étude pré-hospitalière adulte et pédiatrique précise que toutes les insertions ont été réalisées en 30 secondes. (97) Aussi, nos délais de pose (valeur médiane de 4 minutes), malgré l'approximation liée à l'évaluation en conditions réelles, semblent un peu longs comparativement aux données de la littérature sur la voie intra-osseuse.

c) Complications

i. Douleur

Compte-tenu des indications concernant la mise en place d'une VIO, peu de patients sont conscients lors du geste. Notre étude est cohérente avec ces données puisque seuls quatre patients présentaient un score de Glasgow supérieur à 8 (égal à 15) (18,2%).

Bien que l'évaluation de la douleur n'ait pas fait partie des items du questionnaire, il n'a été rapporté aucun élément suggérant une douleur à l'insertion du dispositif intra-osseux ou lors de la perfusion pour nos patients (cris, grimaces, agitation) et notamment pour les deux patients n'ayant bénéficié d'aucune analgésie. Ces résultats sont en accord avec ceux de la littérature mentionnant une douleur limitée. (43) (63) (64)

ii. Complications pré-hospitalières et hospitalières

Nous avons recensé six cas de complications dans notre étude, 4 pré-hospitalières et 2 hospitalières. Toutes étaient des complications mineures, 4 déperfusions accidentelles et 2 extravasations sous-cutanées et n'ont eu aucune incidence sur la situation clinique des patients concernés. Aucune complication grave n'a été décrite que ce soit en pré-hospitalier ou plus tard durant la prise en charge hospitalière. Ces résultats sont concordants avec les données de la littérature qui indiquent une faible incidence des complications graves (inférieures à 1%) et quelques cas de complications mineures notamment l'extravasation sous-cutanée (fréquence de 12%) et la déperfusion accidentelle (1%). (49) (50) (101) (103) Une étude de 2013 rapporte une probable sous-estimation dans la littérature des complications mineures, la majorité des études n'étant pas réalisée en conditions de pratique réelle. (69)

On peut noter cependant que dans notre population pédiatrique, le pourcentage de ces complications mineures est plus élevé (50%) mais l'échantillon est faible (6 cas) donc peu représentatif. Aucune étude strictement pédiatrique ne rapporte de telles fréquences. (63) (76) (103)

La disponibilité des nouveaux dispositifs motorisés limitant les risques de contamination, l'attention portée au respect autant que possible des règles d'asepsie et la limitation à 24 heures maximum de la durée d'utilisation de la perfusion intra-osseuse ont permis de réduire considérablement les risques infectieux graves. Il est toutefois nécessaire de rester vigilant sur les risques d'ostéomyélite et de nécrose cutanée, en lien plausible avec l'administration de fortes doses de catécholamines. (47) (68) (70)

d) Thérapeutiques administrées

Dans notre étude, les principaux traitements administrés par PIO étaient des catécholamines (68,4%) et des solutions de remplissage (60,5%). Concernant les catécholamines, ces données sont cohérentes avec les indications de nécessité d'abord vasculaire ; en effet 75% de nos patients étaient en ACR. Elles sont également cohérentes avec les résultats des études antérieures dans lesquelles les principales thérapeutiques administrées sont, outre les catécholamines, des solutés de remplissage et des anesthésiques. (53) (93)

En pratique, hormis quelques thérapeutiques telles que les agents de chimiothérapie, tout médicament administrable par voie veineuse peut l'être par voie intra-osseuse aux mêmes posologies. Dans la littérature on retrouve actuellement une grande variété de traitements administrés par cette voie.

e) Durée d'utilisation de la voie intra-osseuse

Il est préconisé de ne pas utiliser une perfusion intra-osseuse plus de 24h. Au-delà de ce délai, le risque de complications, infectieuses notamment, est fortement majoré. (104) Une étude récente de Abbal a montré que seulement 52% des médecins connaissaient ce délai maximum. (44) Le dispositif EZ-IO® utilisé lors de notre étude est toutefois validé pour rester en place jusqu'à 72h après la pose.

Aucun de nos patients n'a conservé le dispositif plus de 18h (médiane de 30 minutes (20-70)) et aucune complication de nature infectieuse n'a été observée.

4. Forces et limites de l'étude

a) Validité interne

i. Caractéristiques générales de l'étude

Il s'agissait d'une étude monocentrique pour laquelle tout le personnel a été informé de la mise en place et a reçu une formation théorique et pratique. Cette étude était prospective, présentant donc un biais de mémoire limité.

De plus, lors de la saisie des questionnaires, une confrontation des informations avec les feuilles d'intervention a été réalisée pour chaque cas afin d'obtenir un recueil fiable et exhaustif des données.

ii. Données manquantes

Notre registre présentait peu de données manquantes. Pour l'ensemble des éléments recueillis, les données manquantes étaient de l'ordre de 6,1%. Le Tableau 6 indique leur répartition.

	Données manquantes	Pourcentage
Causes d'échecs de VIO	1	16,7%
Tentatives d'accès vasculaire		
Voie d'abord	0	0%
Opérateur	7	15,9%
Réussite ou échec	0	0%
Délai pour la mise en place de la VIO	6	13,6%
IMC estimé	5	11,4%
Facteurs de risque d'abord vasculaire difficile	5	11,4%
Délai avant pose de VIO	5	11,4%
Durée d'utilisation de la VIO	4	9,8%
Sexe	4	9,1%
Données cliniques	4	9,1%
Date de l'intervention	3	6,8%
Analgésie	3	6,8%
Traitements	2	4,9%
Complications pré-hospitalières et hospitalières	2	3,6%
Âge	1	2,3%
Indication de l'abord vasculaire	0	0%
Évolution	0	0%
Indication pour la VIO	0	0%
Rang de la VIO	0	0%

Tableau 6 : Répartition des données manquantes

La proportion la plus importante de données manquantes concerne les causes d'échecs lors de la pose de la VIO : une donnée manquante sur les six échecs de pose soit 16,7%. Cette

donnée manquante concerne malheureusement le seul abord en localisation humérale de l'étude.

La deuxième valeur de proportion de données manquantes un peu élevée concerne les opérateurs réalisant la mise en place de la VIO (15,9%). Les médecins responsables de l'intervention remplissant le questionnaire n'ont peut-être pas jugé cette information très utile à mentionner.

Les données manquantes en rapport avec les délais (temps avant la mise en place de la VIO et durée pour la pose de la VIO) sont supérieures à 10%. Cela peut s'expliquer par le fait que ce sont des temps difficiles à estimer avec précision a posteriori.

D'autre part, il aurait pu être intéressant de connaître le ressenti des opérateurs concernant leur utilisation de la voie intra-osseuse (par rapport aux explications à fournir au patient s'il est conscient, à la facilité d'utilisation du dispositif, à leur préférence comparativement aux autres voies d'abord ...), mais ces éléments n'étaient pas demandés dans le questionnaire.

iii. Répartition temporelle des cas

Notre étude a permis de recueillir 44 cas de pose de voie intra-osseuse sur 31 mois. En observant l'histogramme, on remarque que la répartition temporelle des cas est assez irrégulière avec deux périodes de 3 mois en été 2012 et de 5 mois à l'automne 2013 durant lesquels aucun cas n'a été rapporté. Plusieurs explications peuvent être évoquées :

- ces deux périodes correspondaient au moment de changement des équipes infirmiers (alternance entre une activité au SMUR et une activité au bloc opératoire),
- l'absence pendant quelques mois en été 2013 du médecin référent principal du registre,
- et enfin une probable perte de cas de pose de VIO par oubli ou manque de temps afin de remplir le questionnaire de recueil.

En dehors de ces deux périodes, entre un et quatre cas ont été recueillis chaque mois. Ces valeurs correspondent à ceux d'études pré-hospitalières antérieures. (53) (93)

b) Validité externe

Il n'existe pas d'élément suggérant que les résultats obtenus lors de notre étude ne soient pas reproductibles.

En effet, le centre dans lequel a été mis en place le registre (SMUR de l'hôpital Necker – Enfants Malades à Paris) présente une activité classique de médecine d'urgence pré-hospitalière, adulte et pédiatrique. Seule sa situation géographique laisse penser que les indications et les délais d'intervention diffèrent de ceux des SMUR de province ; toutefois ces données n'étaient pas prises en compte dans notre étude.

Le matériel intra-osseux utilisé (EZ-IO[®] motorisé) est le dispositif de référence et est actuellement le plus couramment disponible dans les unités mobiles hospitalières en France.

Le personnel présent sur les interventions était identique à celui de tout SMUR.

Seules la formation et l'expérience des opérateurs pourraient faire varier les résultats. En effet, nombreuses sont les études insistant sur l'impact de ces deux paramètres sur les taux de réussite de la pose d'une perfusion intra-osseuse, sur les délais pour l'obtenir ainsi que sur les complications liées à cette pose.

IV. CONCLUSION

La perfusion intra-osseuse est une technique ancienne qui connaît depuis quelques années un regain d'intérêt. Elle présente actuellement de nombreux avantages :

- facilité et rapidité de pose et d'apprentissage,
- instruments de pose de cathéters intra-osseux motorisés autorisant un franchissement aisé et contrôlé de la corticale chez l'adulte et chez l'enfant,
- certitude de disposer d'un réseau vasculaire non collabable,
- possibilité de perfuser tous les médicaments et solutés d'urgence avec des pharmacocinétiques équivalentes à celle obtenues par voies périphériques ou centrales,
- débits élevés permettant le remplissage vasculaire et la transfusion,
- complications peu nombreuses et devenues le plus souvent mineures du fait de la limitation de la durée d'utilisation de la VIO et d'une meilleure connaissance de la technique.

La perfusion intra-osseuse constitue donc une alternative salvatrice fiable à la voie veineuse périphérique classique dans les situations d'urgence vitale. De ce fait, elle est intégrée aux dernières recommandations internationales de prise en charge de l'arrêt cardio-respiratoire, en pédiatrie comme accès vasculaire de premier choix et chez l'adulte au même rang de priorité que l'abord vasculaire veineux.

Nous avons rapporté, dans ce travail, les résultats de l'étude menée par le SMUR de l'hôpital Necker – Enfants Malades à Paris évaluant l'utilisation de la voie intra-osseuse au moyen du dispositif motorisé EZ-IO® en médecine d'urgence pré-hospitalière dans des populations adulte et pédiatrique. Ces résultats ont permis de confirmer un taux de réussite élevé de cette technique (93,2%) ainsi qu'un faible nombre de complications, toutes mineures. Bien que l'ACR ait représenté l'indication principale chez l'adulte comme chez l'enfant, les données dont nous disposions étaient cependant insuffisantes pour déterminer le respect ou non des recommandations internationales. Toutefois, chez l'adulte en ACR, l'incidence de la pose d'une VIO semblait faible (2,9%) et les cas pédiatriques au regard de la période étudiée peu nombreux. Aussi, serait-il intéressant de confronter ces résultats à l'analyse de la totalité des cas d'ACR pris en charge chez l'adulte et chez l'enfant par les équipes du SMUR Necker sur cette même période afin de confirmer ou d'infirmer une sous-utilisation éventuelle de la PIO et d'en déterminer le cas échéant les causes. Il est rapporté en France en 2012 un manque

de connaissances théoriques et pratiques du matériel et de la technique chez les praticiens impliqués dans la médecine d'urgence. (44) Aujourd'hui, il serait souhaitable que ceci ne représente plus un obstacle à l'essor de cette technique et à l'application des recommandations internationales, d'autant que l'apprentissage est unanimement reconnu comme facile et rapide.

Nous espérons que l'ensemble des réflexions tirées de cette étude concernant l'incidence et la performance de la voie intra-osseuse ainsi que les modalités pratiques de son utilisation, pourra servir à assurer une meilleure prise en charge des situations d'urgence vitale.

ANNEXES

Annexe 1 : Médicaments administrables par voie intra-osseuse

(d'après Vidacare® Corporation, 2013)

- Adenosine (e.g. Adenocard)
- Albumin
- Alfentanil (e.g. Alfenta)
- Aminophylline
- Amiodarone (e.g. Cordarone)
- Ampicillin
- Anascorp (scorpion antivenin)
- Anesthetic agents
- Antibiotics (multiple)
- Antitoxins (various)
- Atracurium besylate (e.g. Tracrium)
- Atropine
- Azactam (e.g. Aztreonam)
- Blood and blood products
- Calcium chloride
- Calcium gluconate
- Cefepime hydrochloride (e.g. Maxipime)
- Ceftriaxone (e.g. Rocephin)
- Contrast media (e.g. Omnipaque)
- Dexamethasone (e.g. Decadron)
- Dextran
- D5 ½NS
- Dextrose 10%
- Dextrose 25%
- Dextrose 50%
- Diazepam (e.g. Valium)
- Diazoxide (e.g. Hyperstat)
- Digoxin (e.g. Lanoxin)
- Diltiazem (e.g. Cardizem)
- Diphenhydramine (e.g. Benadryl)
- Dobutamine hydrochloride (e.g. Dobutrex)
- Dopamine
- Ephedrine
- Epinephrine
- Esmolol (e.g. Brevibloc)
- Etomidate
- Fentanyl
- Fluconazole (e.g. Diflucan)
- Flumazenil (e.g. Romazicon)
- Fosphenytoin (e.g. Cerebyx, Prodilantin)
- Furosemide (e.g. Lasix)
- Gentamycin
- Haloperidol (e.g. Haldol)
- Heparin
- Hydroxo-cobalamin (B12)
- Hydromorphone (e.g. Dilaudid)
- Insulin
- Isoprenaline (e.g. isoproterenol, Isuprel)
- Ketamine
- Labetalol (e.g. Normodyne)
- Levetiracetam (e.g. Keppra)
- Lidocaine (e.g. Xylocaine)
- Linezolid (e.g. Zyvox)
- Lorazepam (e.g. Ativan)
- Magnesium sulfate
- Mannitol
- Methyl-prednisolone (e.g. Solu-Medrol)
- Metoprolol (e.g. Lopressor)
- Midazolam (e.g. Versed)
- Mivacurium (e.g. Mivacron)
- Morphine sulfate
- Nalbuphine (e.g. Nubain)
- Naloxone (e.g. Narcan)
- Neostigmine (e.g. Prostigmin)
- Nitroglycerin
- Nitroprusside (e.g. Nipride)
- Norcuron
- Norepinephrine (Levarterenol, Levophed)
- Normal saline
- Ondansetron (e.g. Zofran)
- Pancuronium (e.g. Pavulon)
- Paracetamol (i.e. acetaminophen)
- Phenobarbital
- Phenylephrine (e.g. Neo-Synephrine)
- Phenytoin (e.g. Dilantin)
- Piperacillin (e.g. Zosyn)
- Plasmanate
- Potassium chloride
- Promethazine (e.g. Phenergan)
- Propofol (e.g. Diprivan)
- Propranolol (e.g. Inderal)
- Remifentanyl (e.g. Ultiva)
- Ringer's lactate
- Rocuronium (e.g. Zemuron)
- Sodium bicarbonate
- Standard IV solutions
- Succinylcholine (e.g. Anectine)
- Tenectapase (e.g. TNKase)
- Thiamine
- Thiopental (e.g. Pentothal)
- Tobramycin sulfate
- Vancomycin
- Vasopressin (e.g. Pitressin, Argipressin)
- Vecuronium

Annexe 2 : Tableau comparatif des différents dispositifs intra-osseux

	Manuels	À percussion	EZ-IO® motorisé
Taux de réussite	50 à 95 % (77) (105)	55 à 100% (77) (106) 70% maximum en conditions réelles	91% en moyenne (53) 90% en pré-hospitalier (adultes et enfants) (43) (53) (93) 89,7% en tibial vs 60% en huméral (102) Augmentation rapide si formation (44) (107)
<ul style="list-style-type: none"> Etudes comparatives <ul style="list-style-type: none"> Brenner et col. (108) Shavit et col. (109) 	79,5%	65,5% (BIG®)	Meilleur taux dès la 1^{ière} tentative 97,8% 96,5%
Délais d'insertion		120 s maximum quel que soit le DIO (de la désinfection de la peau à la réalisation de la 1 ^{ière} injection)	
	33 à 90 s (105) (108)	1 à 2 min (49) (105) (106)	10 à 20 s (y compris sans formation) (43) 30 s en pré-hospitalier (97)
Complications liées à la pose	<ul style="list-style-type: none"> Fréquentes (torsion, cassure d'aiguille) 	<ul style="list-style-type: none"> Mauvaise insertion (médiastinite, hydrothorax, plaie cardiaque avec FAST®) Risque pour l'opérateur et son entourage 	<ul style="list-style-type: none"> Faibles (meilleure précision, orifice de taille limitée réduisant le risque d'extravasation) (77) (108)
Apprentissage (43) (109)			Rapide
Préférence des utilisateurs (108) (109)			+++
Coût (50)	15€ à 145€	85€ à 174€	275€ (perceuse réutilisable) & 95€ (aiguille)

Annexe 3 : Technique de perfusion

Exemple avec le dispositif motorisé EZ-IO® en localisation tibiale proximale

La voie tibiale proximale est utilisée le plus souvent en première intention car les repères anatomiques sont facilement repérables et elle n'interfère pas le cas échéant avec les manœuvres de réanimation cardiopulmonaire. EZ-IO® est le dispositif le plus diffusé en France et le plus utilisé en pratique pré-hospitalière.

La mise en place de la perfusion intra-osseuse nécessite plusieurs étapes :

- Identifier le site en palpant les repères anatomiques : chez l'adulte, jambe étendue, le point d'injection idéal se situe environ 2 cm en dedans de la tubérosité tibiale antérieure (cf. Figure a) ; chez l'enfant il est situé 1 cm sous la rotule décalé d'1 cm en médial.

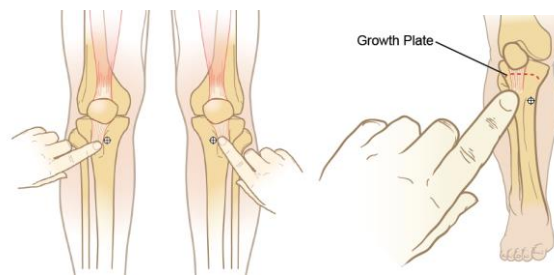


Figure a : Identification du site chez l'adulte et l'enfant

(d'après Vidacare® Corporation, 2013)

- Vérifier l'absence de contre-indication à la pose.
- Réaliser une asepsie rigoureuse (gants stériles, désinfection), à adapter au contexte d'urgence vitale.
- Stabiliser la jambe en légère rotation externe
- Vérifier le bon fonctionnement de la perceuse (diode verte allumée) et placer l'aiguille adaptée à la morphologie du patient.
- Introduire l'aiguille, en maintenant la perceuse à 90° par rapport à la peau, sans trop forcer et sans à-coups, jusqu'à sentir une perte de résistance correspondant au franchissement de la corticale (difficile à percevoir chez le nouveau-né, ce qui augmente le risque de transfixer l'os).
- Arrêter la perceuse et vérifier la présence visible du repère de l'aiguille (indicateur de bonne longueur d'aiguille).

- Désadapter la perceuse et retirer également le mandrin en laissant le dispositif en place.
- Vérifier la stabilité du dispositif dans l'os (1^{ière} confirmation du bon placement).
- Adapter le connecteur spécifique EZ-Connect[®] préalablement purgé avec du sérum physiologique (un stabilisateur peut être placé entre les deux pour fixer le dispositif).
- Vérifier le reflux de sang ou de moelle en aspirant avec une seringue (2^{ième} confirmation du bon placement).
- Puis injecter, si le patient est conscient, 2 ml de lidocaïne 2% et attendre 15 secondes environ l'effet anesthésiant.
- Injecter 5 à 10 ml de sérum physiologique pour l'adulte (2 à 5 ml pour l'enfant) afin d'ouvrir le réseau vasculaire médullaire et d'amorcer un bon débit.
- Apposer un pansement protecteur sur le dispositif.
- Adapter la ligne de perfusion purgée au dispositif avec ou sans poche de contre-pression (gonflée à 300 mmHg) selon les cas. (cf. Figure b)
- Enfin, placer le bracelet de signalisation avec la date et l'heure de pose.

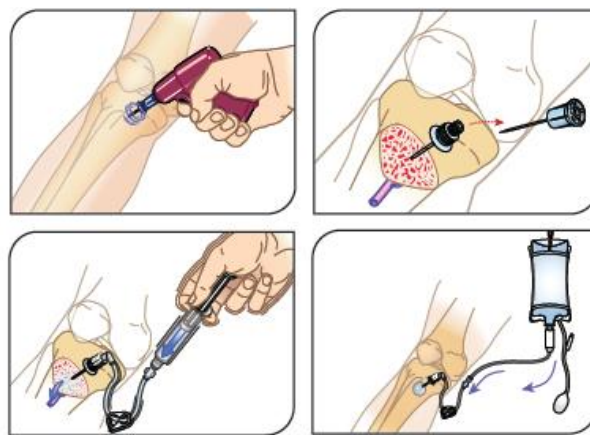


Figure b : Résumé de la mise en place du DIO (d'après Vidacare[®] Corporation, 2013)

En cas d'échec de pose, il est formellement contre-indiqué de piquer deux fois sur le même os.

Le dispositif EZ-IO[®] de Vidacare est validé pour rester en place jusqu'à 72 h après la pose, mais au-delà de 24 h le risque de complications, infectieuses notamment, est fortement majoré. (104)

Annexe 4 : Contrôle de la fonctionnalité de la voie intra-osseuse

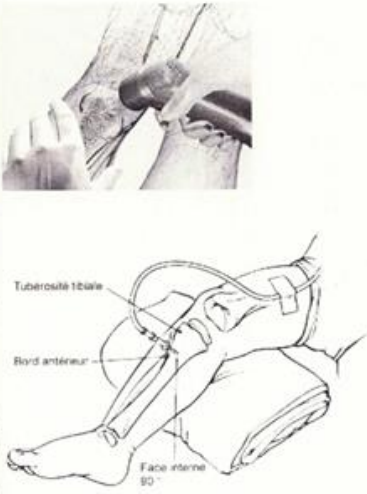

Le contrôle de la bonne insertion du dispositif intra-osseux est fondamental pour permettre une bonne fonctionnalité de la VIO et éviter l'extravasation des produits administrés, exposant au minimum à l'inefficacité des thérapeutiques et pouvant aller jusqu'à d'éventuels syndromes compartimentaux.

Après la perception du franchissement de la corticale et la vérification du témoin noir sur l'aiguille, la vérification de la bonne insertion du dispositif est encore constituée de trois étapes :

- Immobilité du trocart, ce dernier ne bougeant pas lorsqu'il est lâché, traduisant la solidarité entre l'os et le trocart ;
- Reflux de sang ou de moelle (rouge ou jaune) à l'aspiration. Chez les enfants en bas âge, ce reflux n'est pas toujours présent ; mais cela ne doit pas empêcher de poursuivre la perfusion. Chez l'adulte, l'absence de reflux ne constitue pas non plus un obstacle à la poursuite mais nécessite d'être très vigilant ;
- Injection sans résistance ni extravasation lors du flush rapide (rinçage) de 10 ml de sérum physiologique (quelques secondes).

Une surveillance clinique de la coloration et de l'induration cutanées est recommandée afin de prévenir le risque d'extravasation et, si c'est possible, une radiographie peut être réalisée pour signer la bonne position de la VIO (notamment pour un accès huméral).

Annexe 5 : Feuille de rappel affichée dans les locaux du service et disponible dans les unités mobiles hospitalières

Registre VIO	Registre VIO	Registre VIO
<p>«Evaluation de la pratique de mise en place d'une voie d'abord intra-osseuse en pré-hospitalier et des complications associées »</p> <p><i>Evaluation des Pratiques Professionnelles</i></p> <p>Registre Voie Intra-Osseuse</p> <p><u>PARTICIPATION:</u> SMUR Necker</p> <p><u>OBJECTIFS</u></p> <p>Objectif principal : Décrire les modalités de pose de la voie intra-osseuse (VIO) au SMUR Necker : indication, délai par rapport au début de la prise en charge, opérateur réussissant l'abord vasculaire intra-osseux</p>	<p>Objectifs secondaires :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Identification des facteurs influençant la réussite de la pose de VIO - Complications des tentatives de VIO - Complications de la VIO elle-même (une fois posée) en pré-hospitalier puis pendant l'hospitalisation - Durée avant le retrait de la VIO <p><u>CRITERES D'INCLUSION</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Patient enfant ou adulte, sans limite d'âge haute ou basse - Pris en charge en pré-hospitalier par une équipe médicale du SMUR Necker - Tentative de mise en place d'une VIO - A partir du 1^{er} octobre 2011 	<p><u>DEROULEMENT DE L'ETUDE</u></p> <p><u>AU SMUR NECKER</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Questionnaire « pré-hospitalier » à remplir systématiquement par le médecin SMUR en cas de mise en place (succès ou échec) d'une VIO. ❖ Ce questionnaire est placé dans chaque kit IO de chaque UMH et VL. ❖ Ce questionnaire est à laisser dans le dossier de transport ❖ Questionnaire « hospitalier » à remplir par l'un des référents, après appel téléphonique au service hospitalier ayant pris en charge le patient. ❖ Référénts de l'étude : H Coignard C Dagron, F Faivre, N Gazin, G Giguët, P Jabre, B Mantz, B Vivien <p><i>Version 18 Septembre 2011</i></p>
<p><u>BONNES PRATIQUES DE LA VOIE INTRA-OSSEUSE</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Contre-indications de la VIO : fracture au-dessus du site de ponction dans le cas du polytraumatisé, ostéogénèse imparfaite, ostéopétrose, échec de pose sur le même os, et infection locale du site présumé de ponction. • Recommandation chez l'enfant < 6 ans : Percer la face antéro-interne du tibia proximal, 2-3 cm sous la TTA, mais de façon plus médiane que chez l'adulte (c'est-à-dire proche de la crête tibiale). • Recommandation chez l'adulte conscient : anesthésie locale intra-osseuse avant le flush qui crée la loge de diffusion 1mL/20kg de poids de lidocaïne à 2% • Recommandations : <ul style="list-style-type: none"> - Diluer les solutés très hypertoniques ou très alcalins en raison de risque de lésions de la moelle osseuse - « Pousser » toute injection sur une VIO par 10 cc de sérum physiologique. 		 <p><i>Version 18 Septembre 2011</i></p>

Annexe 6 : Questionnaire « pré-hospitalier » disponible dans les unités mobiles hospitalières

REGISTRE PRE-HOSPITALIER INTRA-OSSEUX ADULTE ET PEDIATRIE

A remplir pour chaque patient nécessitant la mise en place, réussie ou non, d'une voie intra-osseuse
Merci de glisser ce document dans la feuille de transport et de laisser l'ensemble en régulation

Date : __/__/____ N°appel appliSAMU : _____ Initiales Nom : __ & Prénom : __
Sexe : M / F Age : ____ ans

Facteurs de risque de difficultés d'abord veineux lors de la prise en charge pré-hospitalière

- | | |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> Chimiothérapie | <input type="checkbox"/> Drépanocytose |
| <input type="checkbox"/> Peau noire | <input type="checkbox"/> Brûlures étendues |
| <input type="checkbox"/> Toxicomanie IV | <input type="checkbox"/> Aucun |
| <input type="checkbox"/> Autre : | |

Pathologie nécessitant un accès vasculaire

- | | |
|---|------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> ACR | <input type="checkbox"/> Coma |
| <input type="checkbox"/> Etat de choc | <input type="checkbox"/> Analgésie |
| <input type="checkbox"/> Pathologie cardiaque aiguë | <input type="checkbox"/> Brûlure |
| <input type="checkbox"/> Détresse respiratoire | |
| <input type="checkbox"/> Autre : | |

Données cliniques au moment de la pose de la voie intra-osseuse

Poids estimé : ____ kg Taille estimée : ____ cm
PAS : ____ mmHg PAD : ____ mmHg
FC : ____ bpm GCS : ____
Température : __, __ °C SpO₂ : ____ %

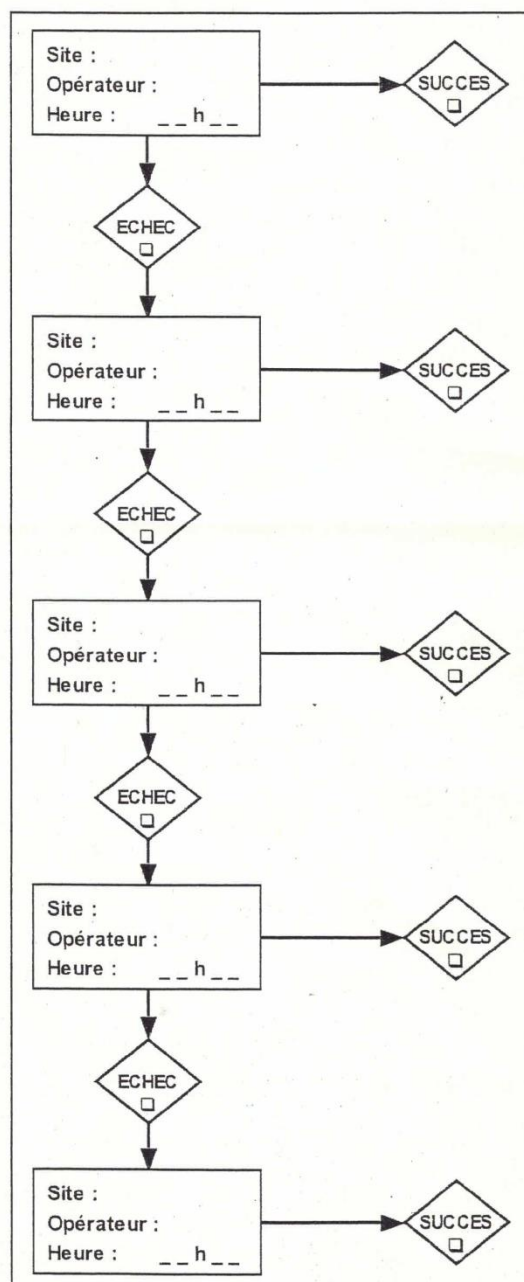
Accès vasculaires successivement tentés : Compléter l'algorithme ci-contre

Préciser le site d'accès vasculaire à chaque essai :

- | | |
|-------------------------|---------------------------|
| - IO huméral (IO-H) | - IO tibial (IO-T) |
| - Veineux périph. (VVP) | - Jugulaire externe (VJE) |
| - Veineux central (VVC) | |

Préciser la fonction de l'opérateur à chaque essai :

- | | |
|-----------------------|-------------------------|
| - Médecin adulte (MA) | - Médecin pédiatre (MP) |
| - IADE (IADE) | - Puéricultrice (P) |
| - Interne (I) | - Externe (E) |



Caractéristiques de la voie intra-osseuse

Site de la ponction intra-osseuse réussie : ☐ tibia ☐ humérus ☐ autre :
 Succès de pose de la voie intra-osseuse à : _ _ h _ _ min Anesthésie locale faite : ☐ oui ☐ non
 Sites et causes des éventuels échecs d'abord intra-osseux : compléter le tableau ci-dessous

	Localisation	Aiguille (rose, bleue, jaune)	Réussite (R)	Echec (détailler)
Essai 1				
Essai 2				
Essai 3				

Complications éventuelles après pose de voie intra-osseuse

☐ Aucune ☐ Extravasation ☐ Déperfusion accidentelle
☒ Perfusion non fonctionnelle ☐ Transfixation osseuse ☐ Fracture du membre perfusé
☐ Autre :

Traitement pré-hospitalier administré par la voie intra-osseuse

Remplissage : ☐ oui ☐ non débit : _ _ _ mL , en _ _ _ min Transfusion : ☐ oui ☐ non
 Anesthésiques : ☐ oui ☐ non Catécholamines : ☐ oui ☐ non ☐ autre :

Evolution et devenir du patient

Le dispositif intra-osseux a-t-il du être retiré avant la fin de prise en charge SMUR : ☐ oui ☐ non
 Si oui, pour quelle raison :
 Si oui, date de retrait : _ _ / _ _ / _ _ Heure de retrait : _ _ h _ _ min
 Bracelet d'identification posé : ☐ oui ☐ non Si non, pour quelle raison :
 Patient transporté à l'hôpital : ☐ oui : Hôpital : Service :
☐ non : ☐ décédé sur place ☐ Autre motif :

Commentaires libres

Pour toute question sur ce registre, merci de contacter Hélène Coignard, Christelle Dagron, Florence Faivre, Nicolas Gazin, Gaëlle Giguet, Patricia Jabre, Barbara Mantz ou Benoît Vivien

Merci de votre participation

Annexe 7 : Questionnaire « hospitalier » à compléter a posteriori

REGISTRE HOSPITALIER INTRA-OSSEUX ADULTE ET PEDIATRIE

A remplir pour chaque patient ayant nécessité la mise en place, réussie ou non, d'une voie intra-osseuse lors de la prise en charge SMUR.

Formulaire à compléter : 1) après appel téléphonique auprès du service ayant admis le patient ;
2) lors de la réception du compte-rendu d'hospitalisation

Date : __/__/____ N°appel appliSAMU : _____ Initiales Nom : __ & Prénom : __

Retrait de la voie intra-osseuse

Date : __/__/____ Heure : : __ h __ min ☐ Inconnus

Soit une durée totale de mise en place de la voie intra-osseuse de : __ heures

Complications diagnostiquées en intra-hospitalier liées aux tentatives et/ou à la mise en place d'un abord vasculaire périphérique ou central effectuées en pré-hospitalier

- ☐ Hématome ☐ Lymphangite ☐ Bactériémie ☐ Pneumothorax
☐ Aucune ☐ Autre :

Complications diagnostiquées en intra-hospitalier liées aux tentatives et/ou à la mise en place effective d'un abord intra-osseux effectué en pré-hospitalier

- ☐ Signes infectieux locaux mineurs ☐ Cellulite ☐ Ostéomyélite
☐ Abscess intra-osseux ☐ Déperfusion accidentelle ☐ Fracture
☐ Nécrose sous-cutanée ☐ Syndrome de loges ☐ Aucune
☐ Autre :

BIBLIOGRAPHIE

1. Drinker CK, Drinker KR. A Method for Maintaining an Artificial Circulation Through the Tibia of the Dog, with a Demonstration of the Vasomotor Control of the Marrow Vessels. *Am J Physiol -- Leg Content*. 1916 Jun 1;40(4):514–21.
2. Drinker CK, Drinker KR, Lund CC. The Circulation in the Mammalian Bone-Marrow. *Am J Physiol -- Leg Content*. 1922 Sep 1;62(1):1–92.
3. Josefson A. A New Method of Treatment — Intraossal Injections. *Acta Med Scand*. 1934 Jan 12;81(5-6):550–64.
4. Mallarmé J. Etude du myélogramme normal et pathologique par ponction sternale. G. Doin & Cie. Paris; 1937.
5. Tocantins LM. Rapid Absorption of Substances Injected into the Bone Marrow. *Exp Biol Med*. 1940 Oct 1;45(1):292–6.
6. Tocantins LM, O'Neill JF, Price AH. Infusions of blood and other fluids via the bone marrow in traumatic shock and other forms of peripheral circulatory failure. *Ann Surg*. 1941 Dec;114(6):1085–92.
7. Henning N. Intrasternal and intraosseous injections and transfusions. *JAMA*. 1945;128:240.
8. Dubick MA, Holcomb JB. A review of intraosseous vascular access: current status and military application. *Mil Med*. 2000 Jul;165(7):552–9.
9. Bailey H. Bone-marrow Injections. *Br Med J*. 1944 Feb 5;1(4335):181–2.
10. Bruttig SP, Kramer GC. Clinical Record of Emergency Vascular Access Using Adult Intraosseous (IO) Devices. 2004 Sep.
11. Heinild S, Sondergaard T, Tudvad F. Bone marrow infusion in childhood; experiences from a thousand infusions. *J Pediatr*. 1947 Apr;30(4):400–12.
12. Tocantins LM, O'Neill JF. Complications of Intra-Osseous Therapy. *Ann Surg*. 1945 Aug;122(2):266.
13. Valdes MM. Intraosseous fluid administration in emergencies. *Lancet*. 1977 Jun 11;1(8024):1235–6.
14. Orlowski JP. My kingdom for an intravenous line. *Am J Dis Child*. 1984 Sep 1;138(9):803–803.
15. Thompson BM, Rice T, Jaffe J, Aprahamian C, Horwitz L, Torphy D. "PALS for life!" a required trauma-oriented pediatric advanced life support course for pediatric and emergency medicine housestaff. *Ann Emerg Med*. 1984 Nov;13(11):1044–7.
16. Chameides L. Cardiopulmonary resuscitation: standards, guidelines, and education. *Pediatrics*. 1987 Mar;79(3):446–9.
17. Guidelines for paediatric life support. Paediatric Life Support Working Party of the European Resuscitation Council. *BMJ*. 1994 May 21;308(6940):1349–55.

18. Part 10: Pediatric Advanced Life Support. *Resuscitation*. 2000 Aug 23;46(1):343–99.
19. Association AH. 2005 American Heart Association (AHA) Guidelines for Cardiopulmonary Resuscitation (CPR) and Emergency Cardiovascular Care (ECC) of Pediatric and Neonatal Patients: Pediatric Advanced Life Support. *Pediatrics*. 2006 May 1;117(5):e1005–e1028.
20. Biarent D, Bingham R, Richmond S, Maconochie I, Wyllie J, Simpson S, et al. European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation 2005. *Resuscitation*. 2005 Dec 1;67:S97–S133.
21. Kleinman ME, Caen AR de, Chameides L, Atkins DL, Berg RA, Berg MD, et al. Part 10: Pediatric Basic and Advanced Life Support 2010 International Consensus on Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care Science With Treatment Recommendations. *Circulation*. 2010 Oct 19;122(16 suppl 2):S466–S515.
22. Biarent D, Bingham R, Eich C, López-Herce J, Maconochie I, Rodríguez-Núñez A, et al. European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation 2010 Section 6. Paediatric life support. *Resuscitation*. 2010 Oct 1;81(10):1364–88.
23. Chávez-Negrete A, Majluf Cruz S, Frati Munari A, Perches A, Argüero R. Treatment of hemorrhagic shock with intraosseous or intravenous infusion of hypertonic saline dextran solution. *Eur Surg Res Eur Chir Forsch Rech Chir Eur*. 1991;23(2):123–9.
24. Part 7.2: Management of Cardiac Arrest. *Circulation*. 2005 Dec 13;112(24 suppl):IV–58–IV–66.
25. Nolan JP, Deakin CD, Soar J, Böttiger BW, Smith G, European Resuscitation Council. European Resuscitation Council guidelines for resuscitation 2005. Section 4. Adult advanced life support. *Resuscitation*. 2005 Dec;67 Suppl 1:S39–86.
26. Neumar RW, Otto CW, Link MS, Kronick SL, Shuster M, Callaway CW, et al. Part 8: Adult Advanced Cardiovascular Life Support 2010 American Heart Association Guidelines for Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care. *Circulation*. 2010 Nov 2;122(18 suppl 3):S729–S767.
27. Ross MH. *Histology : A Text and Atlas* 6th(1).
28. Laroche M. Intraosseous circulation from physiology to disease. *Jt Bone Spine Rev Rhum*. 2002 May;69(3):262–9.
29. Papper. The bone marrow route for injecting fluids and drugs into th... : *Anesthesiology* [Internet]. Available from: http://journals.lww.com/anesthesiology/Fulltext/1942/05000/the_bone_marrow_route_for_injecting_fluids_and.8.aspx
30. Cameron JL, Fontanarosa PB, Passalacqua AM. A comparative study of peripheral to central circulation delivery times between intraosseous and intravenous injection using a radionuclide technique in normovolemic and hypovolemic canines. *J Emerg Med*. 1989 Apr;7(2):123–7.
31. Dubick MA, Pfeiffer JW, Clifford CB, Runyon DE, Kramer GC. Comparison of intraosseous and intravenous delivery of hypertonic saline/dextran in anesthetized, euvoletic pigs. *Ann Emerg Med*. 1992 May;21(5):498–503.

32. Buck ML, Wiggins BS, Sesler JM. Intraosseous drug administration in children and adults during cardiopulmonary resuscitation. *Ann Pharmacother*. 2007 Oct;41(10):1679–86.
33. Von Hoff DD, Kuhn JG, Burris HA, Miller LJ. Does intraosseous equal intravenous? A pharmacokinetic study. *Am J Emerg Med*. 2008 Jan;26(1):31–8.
34. Orlowski JP, Gallagher JM, Porembka DT. Endotracheal epinephrine is unreliable. *Resuscitation*. 1990 Apr;19(2):103–13.
35. Hoskins SL, Kramer GC, Stephens CT, Zachariah BS. Efficacy of epinephrine delivery via the intraosseous humeral head route during CPR. *Circulation*. 2006;(114):1204.
36. Burgert J, Gegel B, Loughren M, Ceremuga T, Desai M, Schlicher M, et al. Comparison of tibial intraosseous, sternal intraosseous, and intravenous routes of administration on pharmacokinetics of epinephrine during cardiac arrest: a pilot study. *AANA J*. 2012 Aug;80(4 Suppl):S6–10.
37. Burgert JM, Austin PN, Johnson A. An evidence-based review of epinephrine administered via the intraosseous route in animal models of cardiac arrest. *Mil Med*. 2014 Jan;179(1):99–104.
38. Hoskins SL, Zachariah BS, copper N, Kramer GC. Comparison of intraosseous proximal humerus and sternal routes for drug delivery during CPR. *Circulation*. 2007;(116).
39. Hoskins SL, do Nascimento P, Lima RM, Espana-Tenorio JM, Kramer GC. Pharmacokinetics of intraosseous and central venous drug delivery during cardiopulmonary resuscitation. *Resuscitation*. 2012 Jan;83(1):107–12.
40. Warren DW, Kissoon N, Sommerauer JF, Rieder MJ. Comparison of fluid infusion rates among peripheral intravenous and humerus, femur, malleolus, and tibial intraosseous sites in normovolemic and hypovolemic piglets. *Ann Emerg Med*. 1993 Feb;22(2):183–6.
41. Shoor PM, Berryhill RE, Benumof JL. Intraosseous infusion: pressure-flow relationship and pharmacokinetics. *J Trauma*. 1979 Oct;19(10):772–4.
42. Ong MEH, Chan YH, Oh JJ, Ngo AS-Y. An observational, prospective study comparing tibial and humeral intraosseous access using the EZ-IO. *Am J Emerg Med*. 2009 Jan;27(1):8–15.
43. Davidoff J, Fowler R, Gordon D, Klein G, Kovar J, Lozano M, et al. Clinical evaluation of a novel intraosseous device for adults: prospective, 250-patient, multi-center trial. *JEMS J Emerg Med Serv*. 2005 Oct;30(10):suppl 20–23.
44. Abbal B, Perbet S, Pereira B, Colomb S, Ehrmann S, Bazin J-E, et al. [Use of the intraosseous access in adult patients in France in 2012]. *Ann Fr Anesthésie Réanimation*. 2014 Apr;33(4):221–6.
45. Lairet J, Bebart V, Lairet K, Kacprowicz R, Lawler C, Pitotti R, et al. A comparison of proximal tibia, distal femur, and proximal humerus infusion rates using the EZ-IO intraosseous device on the adult swine (*Sus scrofa*) model. *Prehospital Emerg Care Off J Natl Assoc EMS Physicians Natl Assoc State EMS Dir*. 2013 Jun;17(2):280–4.
46. Burgert JM. Intraosseous infusion of blood products and epinephrine in an adult patient in hemorrhagic shock. *AANA J*. 2009 Oct;77(5):359–63.

47. Fetissov H, Nadaud J, Landy C, Millot I, Paris R, Plancade D. Amines on intraosseous vascular access: a case of skin necrosis. *Ann Fr Anesthésie Réanimation*. 2013 May;32(5):e89–90.
48. Weiser G, Hoffmann Y, Galbraith R, Shavit I. Current advances in intraosseous infusion - a systematic review. *Resuscitation*. 2012 Jan;83(1):20–6.
49. Luck RP, Haines C, Mull CC. Intraosseous access. *J Emerg Med*. 2010 Oct;39(4):468–75.
50. Plancade D, Rüttimann M, Wagnon G, Landy C, Schaeffer E, Gagnon N, et al. The intraosseous infusion in adult. *Ann Fr Anesthésie Réanimation*. 2013 May;32(5):347–54.
51. Frascione RJ, Jensen JP, Kaye K, Salzman JG. Consecutive field trials using two different intraosseous devices. *Prehospital Emerg Care Off J Natl Assoc EMS Physicians Natl Assoc State EMS Dir*. 2007 Jun;11(2):164–71.
52. Miller LJ, Morissette C. VidaPort - An advanced easy IO device. *Prehosp Emerg Care*. 2004 Jan 1;8(1):110–1.
53. Santos D, Carron P-N, Yersin B, Pasquier M. EZ-IO(®) intraosseous device implementation in a pre-hospital emergency service: A prospective study and review of the literature. *Resuscitation*. 2013 Apr;84(4):440–5.
54. Halvorsen L, Bay BK, Perron PR, Gunther RA, Holcroft JW, Blaisdell FW, et al. Evaluation of an intraosseous infusion device for the resuscitation of hypovolemic shock. *J Trauma*. 1990 Jun;30(6):652–658; discussion 658–659.
55. Macnab A, Christenson J, Findlay J, Horwood B, Johnson D, Jones L, et al. A new system for sternal intraosseous infusion in adults. *Prehospital Emerg Care Off J Natl Assoc EMS Physicians Natl Assoc State EMS Dir*. 2000 Jun;4(2):173–7.
56. Day MW. Intraosseous devices for intravascular access in adult trauma patients. *Crit Care Nurse*. 2011 Apr;31(2):76–89; quiz 90.
57. Fiorito BA, Mirza F, Doran TM, Oberle AN, Cruz ECV, Wendtland CL, et al. Intraosseous access in the setting of pediatric critical care transport. *Pediatr Crit Care Med J Soc Crit Care Med World Fed Pediatr Intensive Crit Care Soc*. 2005 Jan;6(1):50–3.
58. Neal CJ, McKinley DF. Intraosseous infusion in pediatric patients. *J Am Osteopath Assoc*. 1994 Jan;94(1):63–6.
59. Hodge D. Intraosseous infusions: a review. *Pediatr Emerg Care*. 1985 Dec;1(4):215–8.
60. Clem M, Tierney P. Intraosseous infusions via the calcaneus. *Resuscitation*. 2004 Jul;62(1):107–12.
61. McCarthy G, O'Donnell C, O'Brien M. Successful intraosseous infusion in the critically ill patient does not require a medullary cavity. *Resuscitation*. 2003 Feb;56(2):183–6.
62. Rosetti VA, Thompson BM, Miller J, Mateer JR, Aprahamian C. Intraosseous infusion: an alternative route of pediatric intravascular access. *Ann Emerg Med*. 1985 Sep;14(9):885–8.
63. Horton MA, Beamer C. Powered intraosseous insertion provides safe and effective vascular access for pediatric emergency patients. *Pediatr Emerg Care*. 2008 Jun;24(6):347–50.

64. Schalk R, Schweigkofler U, Lotz G, Zacharowski K, Latasch L, Byhahn C. Efficacy of the EZ-IO needle driver for out-of-hospital intraosseous access--a preliminary, observational, multicenter study. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med*. 2011;19:65.
65. Paxton JH, Knuth TE, Klausner HA. Proximal humerus intraosseous infusion: a preferred emergency venous access. *J Trauma*. 2009 Sep;67(3):606–11.
66. Puntillo KA, White C, Morris AB, Perdue ST, Stanik-Hutt J, Thompson CL, et al. Patients' perceptions and responses to procedural pain: results from Thunder Project II. *Am J Crit Care Off Publ Am Assoc Crit-Care Nurses*. 2001 Jul;10(4):238–51.
67. David J-S, Dubien P-Y, Capel O, Peguet O, Gueugniaud P-Y. Intraosseous infusion using the bone injection gun in the prehospital setting. *Resuscitation*. 2009 Mar;80(3):384–5.
68. Stoll E, Golej J, Burda G, Hermon M, Boigner H, Trittenwein G. Osteomyelitis at the injection site of adrenalin through an intraosseous needle in a 3-month-old infant. *Resuscitation*. 2002 Jun;53(3):315–8.
69. Hallas P, Brabrand M, Folkestad L. Complication with intraosseous access: scandinavian users' experience. *West J Emerg Med*. 2013 Sep;14(5):440–3.
70. Henson NL, Payan JM, Terk MR. Tibial subacute osteomyelitis with intraosseous abscess: an unusual complication of intraosseous infusion. *Skeletal Radiol*. 2011 Feb;40(2):239–42.
71. Christensen DW, Vernon DD, Banner W, Dean JM. Skin necrosis complicating intraosseous infusion. *Pediatr Emerg Care*. 1991 Oct;7(5):289–90.
72. Orłowski JP, Julius CJ, Petras RE, Porembka DT, Gallagher JM. The safety of intraosseous infusions: risks of fat and bone marrow emboli to the lungs. *Ann Emerg Med*. 1989 Oct;18(10):1062–7.
73. Fiallos M, Kissoon N, Abdelmoneim T, Johnson L, Murphy S, Lu L, et al. Fat embolism with the use of intraosseous infusion during cardiopulmonary resuscitation. *Am J Med Sci*. 1997 Aug;314(2):73–9.
74. Hasan MY, Kissoon N, Khan TM, Saldajeno V, Goldstein J, Murphy SP. Intraosseous infusion and pulmonary fat embolism. *Pediatr Crit Care Med J Soc Crit Care Med World Fed Pediatr Intensive Crit Care Soc*. 2001 Jan;2(2):133–8.
75. Hillewig E, Aghayev E, Jackowski C, Christe A, Plattner T, Thali MJ. Gas embolism following intraosseous medication application proven by post-mortem multislice computed tomography and autopsy. *Resuscitation*. 2007 Jan;72(1):149–53.
76. Nijssen-Jordan C. Emergency department utilization and success rates for intraosseous infusion in pediatric resuscitations. *CJEM*. 2000 Jan;2(1):10–4.
77. Sunde GA, Heradstveit BE, Vikenes BH, Heltne JK. Emergency intraosseous access in a helicopter emergency medical service: a retrospective study. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med*. 2010;18:52.
78. Michael JR, Guerci AD, Koehler RC, Shi AY, Tsitlik J, Chandra N, et al. Mechanisms by which epinephrine augments cerebral and myocardial perfusion during cardiopulmonary resuscitation in dogs. *Circulation*. 1984 Apr;69(4):822–35.

79. Larsen MP, Eisenberg MS, Cummins RO, Hallstrom AP. Predicting survival from out-of-hospital cardiac arrest: a graphic model. *Ann Emerg Med*. 1993 Nov;22(11):1652–8.
80. Leidel BA, Kirchhoff C, Braunstein V, Bogner V, Biberthaler P, Kanz K-G. Comparison of two intraosseous access devices in adult patients under resuscitation in the emergency department: A prospective, randomized study. *Resuscitation*. 2010 Aug;81(8):994–9.
81. Lapostolle F, Catineau J, Garrigue B, Monmartreau V, Houssaye T, Vecchi I, et al. Prospective evaluation of peripheral venous access difficulty in emergency care. *Intensive Care Med*. 2007 Aug;33(8):1452–7.
82. Jbeili C, Penet C, Jabre P, Kachout L, Schvahn S, Margenet A, et al. [Out-of-hospital management characteristics of severe obese patients]. *Ann Fr Anesthésie Réanimation*. 2007 Nov;26(11):921–6.
83. Lamhaut L, Dagrón C, Apriotesei R, Gouvernaire J, Elie C, Marx J-S, et al. Comparison of intravenous and intraosseous access by pre-hospital medical emergency personnel with and without CBRN protective equipment. *Resuscitation*. 2010 Jan;81(1):65–8.
84. Sarkar D, Philbeck T. The use of multiple intraosseous catheters in combat casualty resuscitation. *Mil Med*. 2009 Feb;174(2):106–8.
85. Cooper BR, Mahoney PF, Hodgetts TJ, Mellor A. Intra-osseous access (EZ-IO) for resuscitation: UK military combat experience. *J R Army Med Corps*. 2007 Dec;153(4):314–6.
86. Smith R, Davis N, Bouamra O, Lecky F. The utilisation of intraosseous infusion in the resuscitation of paediatric major trauma patients. *Injury*. 2005 Sep;36(9):1034–1038; discussion 1039.
87. Velasco AL, Delgado-Paredes C, Templeton J, Steigman CK, Templeton JM. Intraosseous infusion of fluids in the initial management of hypovolemic shock in young subjects. *J Pediatr Surg*. 1991 Jan;26(1):4–8.
88. Maguer D, Delaporte B, Godde F, Amusini P. [Intraosseous infusion: another emergency vascular access]. *Arch Pédiatrie Organe Off Société Fr Pédiatrie*. 1995 Jul;2(7):704–5.
89. Spencer TR. Intraosseous administration of thrombolytics for pulmonary embolism. *J Emerg Med*. 2013 Dec;45(6):e197–200.
90. Ruiz-Hornillos PJ, Martínez-Cámara F, Elizondo M, Jiménez-Fraile JA, Del Mar Alonso-Sánchez M, Galán D, et al. Systemic fibrinolysis through intraosseous vascular access in ST-segment elevation myocardial infarction. *Ann Emerg Med*. 2011 Jun;57(6):572–4.
91. Landy C, Plancade D, Gagnon N, Schaeffer E, Nadaud J, Favier J-C. Complication of intraosseous administration of systemic fibrinolysis for a massive pulmonary embolism with cardiac arrest. *Resuscitation*. 2012 Jun;83(6):e149–150.
92. Nutbeam T, Fergusson A. Intraosseous access in osteogenesis imperfecta (IO in OI). *Resuscitation*. 2009 Dec;80(12):1442–3.
93. Gazin N, Auger H, Jabre P, Jaulin C, Lecarpentier E, Bertrand C, et al. Efficacy and safety of the EZ-IO™ intraosseous device: Out-of-hospital implementation of a management algorithm for difficult vascular access. *Resuscitation*. 2011 Jan;82(1):126–9.

94. Mbamalu D, Banerjee A. Methods of obtaining peripheral venous access in difficult situations. *Postgrad Med J*. 1999 Aug;75(886):459–62.
95. Sebbane M, Claret P-G, Lefebvre S, Mercier G, Rubenovitch J, Jreige R, et al. Predicting peripheral venous access difficulty in the emergency department using body mass index and a clinical evaluation of venous accessibility. *J Emerg Med*. 2013 Feb;44(2):299–305.
96. Bensghir M, Chkoura K, Mounir K, Drissi M, Elwali A, Ahtil R, et al. [Peripheral intravenous access in the operating room: characteristics and predictors of difficulty]. *Ann Fr Anesthésie Rénanimation*. 2012 Aug;31(7-8):600–4.
97. Torres F, Galán MD, Alonso M del M, Suárez R, Camacho C, Almagro V. Intraosseous access EZ-IO in a prehospital emergency service. *J Emerg Nurs JEN Off Publ Emerg Dep Nurses Assoc*. 2013 Sep;39(5):511–4.
98. Slovis CM, Herr EW, Londorf D, Little TD, Alexander BR, Guthmann RJ. Success rates for initiation of intravenous therapy en route by prehospital care providers. *Am J Emerg Med*. 1990 Jul;8(4):305–7.
99. Koschel MJ. Sternal intraosseous infusions: emergency vascular access in adults. *Am J Nurs*. 2005 Jan;105(1):66–8.
100. Claudet I, Alberge C, Bloom MC, Friès F, Lelong-Tissier MC. [Intraosseous infusion in children]. *Ann Fr Anesthésie Rénanimation*. 1999 Mar;18(3):313–8.
101. Glaeser PW, Hellmich TR, Szewczuga D, Losek JD, Smith DS. Five-year experience in prehospital intraosseous infusions in children and adults. *Ann Emerg Med*. 1993 Jul;22(7):1119–24.
102. Reades R, Studnek J R, Garrett J S, Vandeventer S, Blackwell T. Comparison of first-attempt success between tibial and humeral intraosseous insertions during out-of-hospital cardiac arrest. *Prehosp Emerg Care*. 2011 Apr;15(2):278–81.
103. Oksan D, Ayfer K. Powered intraosseous device (EZ-IO) for critically ill patients. *Indian Pediatr*. 2013 Jul;50(7):689–91.
104. Rosovsky M, FitzPatrick M, Goldfarb CR, Finestone H. Bilateral osteomyelitis due to intraosseous infusion: case report and review of the English-language literature. *Pediatr Radiol*. 1994;24(1):72–3.
105. Calkins MD, Fitzgerald G, Bentley TB, Burris D. Intraosseous infusion devices: a comparison for potential use in special operations. *J Trauma*. 2000 Jun;48(6):1068–74.
106. Waisman M, Waisman D. Bone marrow infusion in adults. *J Trauma*. 1997 Feb;42(2):288–93.
107. Hallas P, Folkestad L, Brabrand M. How many training modalities are needed to obtain procedural confidence in intraosseous access? A questionnaire study. *Eur J Emerg Med Off J Eur Soc Emerg Med*. 2011 Dec;18(6):360–2.
108. Brenner T, Bernhard M, Helm M, Doll S, Völkl A, Ganion N, et al. Comparison of two intraosseous infusion systems for adult emergency medical use. *Resuscitation*. 2008 Sep;78(3):314–9.

109. Shavit I, Hoffmann Y, Galbraith R, Waisman Y. Comparison of two mechanical intraosseous infusion devices: a pilot, randomized crossover trial. *Resuscitation*. 2009 Sep;80(9):1029–33.

Évaluation de l'utilisation de la voie intra-osseuse en médecine d'urgence pré-hospitalière

La voie intra-osseuse (VIO) représente une alternative simple, rapide et efficace lorsqu'un abord vasculaire veineux classique est difficile ou impossible à obtenir. Son utilisation est recommandée dans la prise en charge de l'arrêt cardio-respiratoire (ACR) chez l'enfant et également chez l'adulte depuis 2010. Une étude prospective, descriptive et observationnelle est conduite par le Service Mobile d'Urgence et de Réanimation de l'hôpital Necker-Enfants Malades à Paris depuis octobre 2011. Elle a pour but d'évaluer l'incidence et les modalités pratiques de mise en place d'une VIO en médecine d'urgence pré-hospitalière, dans des populations adulte et pédiatrique. Ainsi, entre le 1^{ier} octobre 2011 et le 30 avril 2014, 44 patients (37 adultes et 7 enfants) ont bénéficié d'une VIO au moyen du dispositif motorisé EZ-IO®. Les indications étaient l'ACR (75%), l'état de choc, les brûlures et les convulsions. Le taux de réussite à la 1^{ière} tentative de pose était de 86,4%. Quatre complications mineures pré-hospitalières ont été recensées. Aucune complication majeure, ni pré-hospitalière ni hospitalière, n'a été observée. L'étude ne permettait pas de déterminer si, malgré les recommandations internationales et européennes, la VIO était ou non sous-utilisée. Son efficacité, sa sécurité et sa facilité d'apprentissage devraient permettre de rendre sa pratique plus courante et d'élargir ses indications.

Mots-clés : Voie intra-osseuse, Pré-hospitalier, Arrêt cardio-respiratoire, Dispositif motorisé EZ-IO®.

Intraosseous (IO) access is a simple, rapid and effective alternative when venous vascular access is difficult or impossible. Its use is recommended in care of cardiac arrest patients, children and also adults since 2010. A prospective, descriptive and observational study is conducted by the out-of-hospital emergency medical services of Necker-Enfants Malades Hospital in Paris since October 2011. The aim is to estimate the incidence and the practical modalities of the use of IO access in prehospital setting in adult and paediatric populations. Thus, from October 2011 to April 2014, IO access with EZ-IO® motorized device was set up on 44 patients (37 adults and 7 childrens). It was used on cardiac arrest (75%), shock, burns and convulsions. The success rate for first attempt was 86.4%. Four prehospital minor complications were reported. No major complication, neither prehospital nor hospital, were observed. This study did not allow to determine if, despite the international and european recommendations, IO access was or not underused. Its efficacy, safety and ease in learning should let this device's use become more common and expand its indications.

Key-words : Intraosseous access, Prehospital, Cardiac arrest, EZ-IO® motorized device.